

- Никто не изготовит замок без ключа, также и жизнь не даст проблемы без решения!

## Лекція 4

### Оцінка тягово-енергетичних показників СГА/МТА

- 4.1. Шляхи підвищення продуктивності праці СГА/МТА [1].
- 4.2. Проблеми баластування мобільних енергетичних засобів [2].
- 4.3. Основні напрями ефективного використання енергонасичених мобільних енергетичних засобів [3-7].
- 4.4. Проблема компромісу між тягово-енергетичними показниками мобільних енергетичних засобів і буксуванням [8].
- 4.5. Вибір коефіцієнта кінематичної невідповідності в приводі ходової системи колісного мобільного енергетичного засобу [9].
- 4.6. Комплектування СГА/МТА з використанням тягових і тягово-динамічних характеристик мобільних енергетичних засобів [10].
- 4.7. Перспективи використання мобільних енергетичних засобів з двигунами постійної потужності [10].

## **Список літератури**

1. Надикто В.Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві / Надикто В. Т. [та ін.]. - Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2005. - 337 с. [С. 172-175].
2. Надикто В.Т. Проблеми баластування колісних тракторів / В.Т. Надикто// Техніка і технології в АПК. - 2013. - №2. - С.7-9.
3. Надикто В.Т. Прогноз розвитку енергонасиченості сільськогосподарських тракторів / В.Т. Надикто, О.В. Величко // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. №1 (100).- Глеваха, 2015.
4. Надикто В.Т. Досвід поліпшення експлуатаційно-технологічних показників вітчизняних тракторів/ В.Т.Надикто, М.І.Грицишин // Техніка АПК. - 2008.- №8.
5. Надикто В. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації / В. Надикто // Техніка і технології АПК. - 2011. - N 9. - С.8-11
6. Надыкто В.Т. Роль энергонасыщенности тракторов в формировании их типажа / В.Т. Надыкто // Тракторы и сельхозмашины. - 2012. - № 3. - С. 16-21.
7. Надыкто В.Т. Роль модульных энергетических средств в формировании типажа тракторов на Украине / В.Т. Надыкто // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. - № 6.
8. Надикто В.Т. Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахуванням обмеження їх тиску на ґрунт / В. Надикто // Техніка і технології АПК : науково - виробничий журнал. - 2014. - N 7. - С. 34 - 38.
9. Кюрчев В.М. Механіко-технологічні основи агрегування орно-просапних тракторів: автореф. дис... докт.. техн.. наук: 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / В.М. Кюрчев. – Глеваха, 2015. – 48 с.
10. 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.

### 4.1 Шляхи підвищення продуктивності праці СГА/МТА .

$$W = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot \tau \rightarrow \max \tag{1}$$

де  $B$  – ширина захвату агрегату, м;  $V$  – швидкість руху агрегату, км/год;  
 $\tau$  – коефіцієнт використання робочого часу зміни.

Оскільки продуктивність праці СГА/МТА за формулою (1) складається із добутку трьох складових, то, концептуально, і шляхів підвищення продуктивності праці СГА/МТА також три:

- 1) збільшення ширини захвату агрегату ( $B$ ),
- 2) збільшення швидкості руху агрегату ( $V$ ),
- 3) збільшення коефіцієнту використання робочого часу зміни ( $\tau$ ).



Рис. 1 - Шляхи підвищення продуктивності праці СГА/МТА

На відміну від  $B$  і  $V$ , значина коефіцієнта використання робочого часу зміни  $\tau$  залежить від організації виконання технологічної операції, і розраховується за рівнянням:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} = \frac{t_p (1 + n_{ц\text{ осн}})}{t_{ц} (1 + n_{ц\text{ осн}}) + t_{нц}} \rightarrow 1$$

де  $T_p$  – час чистої роботи агрегату за період зміни за прийнятим режимом, год.;

$T_{зм}$  – фактичний час зміни роботи агрегату, год.;

$t_p$  – витрати часу агрегатом на робочий хід, год.;

$t_{ц}$  – витрати часу агрегатом на один цикл роботи, год.;

$n_{ц\text{ осн}}$  – фактична кількість основних циклів роботи.

**Максимальну продуктивність** праці можна отримати при **оптимальних** значинах параметрів **B** і **V**. Умову оптимізації останніх можна представити наступним чином:

$$\frac{\frac{\partial W}{\partial V}}{\frac{\partial N_{ен}}{\partial V}} = \frac{\frac{\partial W}{\partial B}}{\frac{\partial N_{ен}}{\partial B}}$$

де  $N_{ен}$  - номінальна потужність двигуна трактора.

Частинні похідні параметрів, які входять до виразу з розрахунку продуктивності, мають наступний вид

$$\frac{\partial W}{\partial V} = 0,1 \cdot B \cdot \tau \quad \text{і} \quad \frac{\partial W}{\partial B} = 0,1 \cdot V \cdot \tau$$

Частинні похідні параметрів, які входять до виразу із визначення  **$N_{ен}$**  за рівнянням балансу потужності мають наступний вид

$$\frac{\partial N_{ен}}{\partial V} = \frac{K_m \cdot B \cdot H + f \cdot G}{\eta_{MT}} \left/ \left( K_H \cdot \left( 1 - \frac{a \cdot K_m \cdot B \cdot H}{\mu \cdot G} - b \cdot \left( \frac{K_m \cdot B \cdot H}{\mu \cdot G} \right)^2 \right) \right) \right.$$

$$\frac{\partial N_{ен}}{\partial B} = \frac{K_m \cdot H \cdot V \cdot \left( 1 + \frac{a \cdot f}{\mu} + \frac{2 \cdot b \cdot f \cdot G \cdot K_m \cdot H}{\mu^2 \cdot G^2} + \frac{b \cdot K_m^2 \cdot H^2 \cdot B^2}{\mu^2 \cdot G^2} \right)}{K_H \cdot \eta_{MT} \cdot \left( 1 - a \cdot \frac{K_m \cdot B \cdot H}{\mu \cdot G} - b \cdot \left( \frac{K_m \cdot B \cdot H}{\mu \cdot G} \right)^2 \right)^2}$$

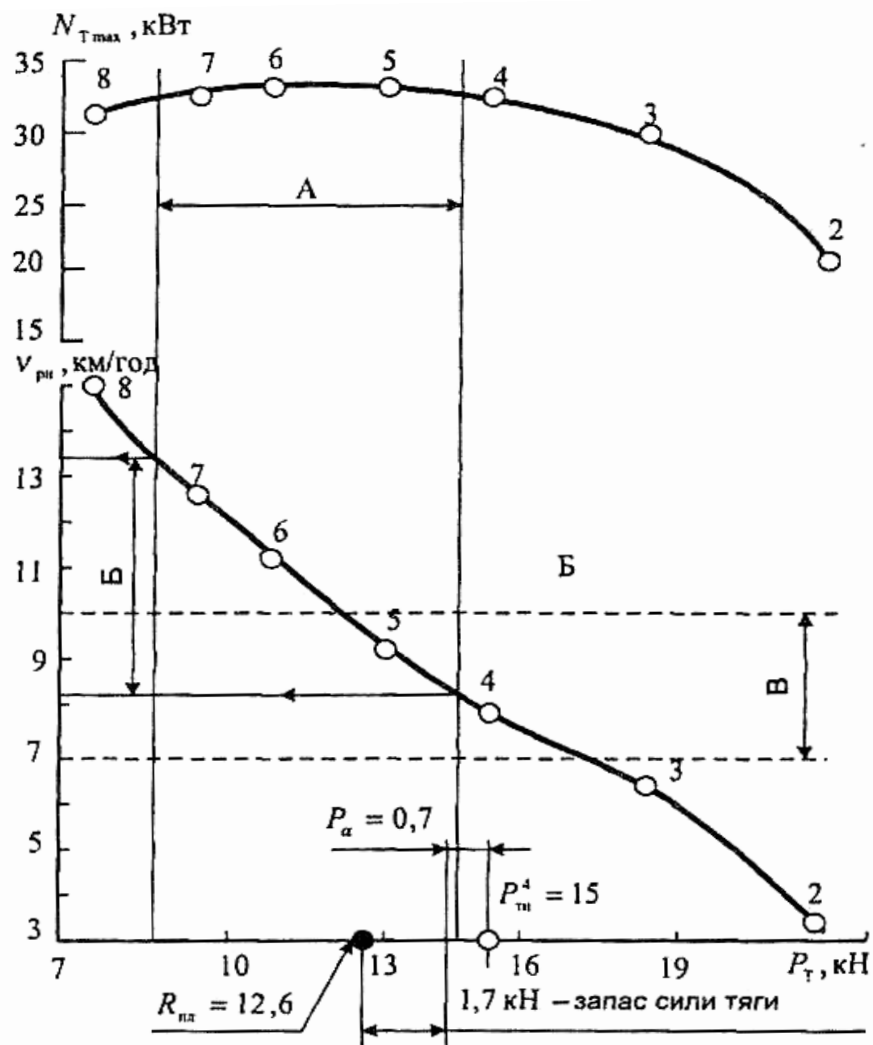


Рис. 7.12. Вибір робочих передач трактора МТЗ-82 при агрегуванні з плугом ПЛН-3-35 за потенційною тяговою характеристикою:

*А – зона раціонального тягового завантаження трактора;*

*Б – інтервал раціональних за завантаженням робочих швидкостей;*

*В – інтервал агротехнічно допустимих швидкостей для плуга.*

## 4.2. Проблеми баластування мобільних енергетичних засобів.

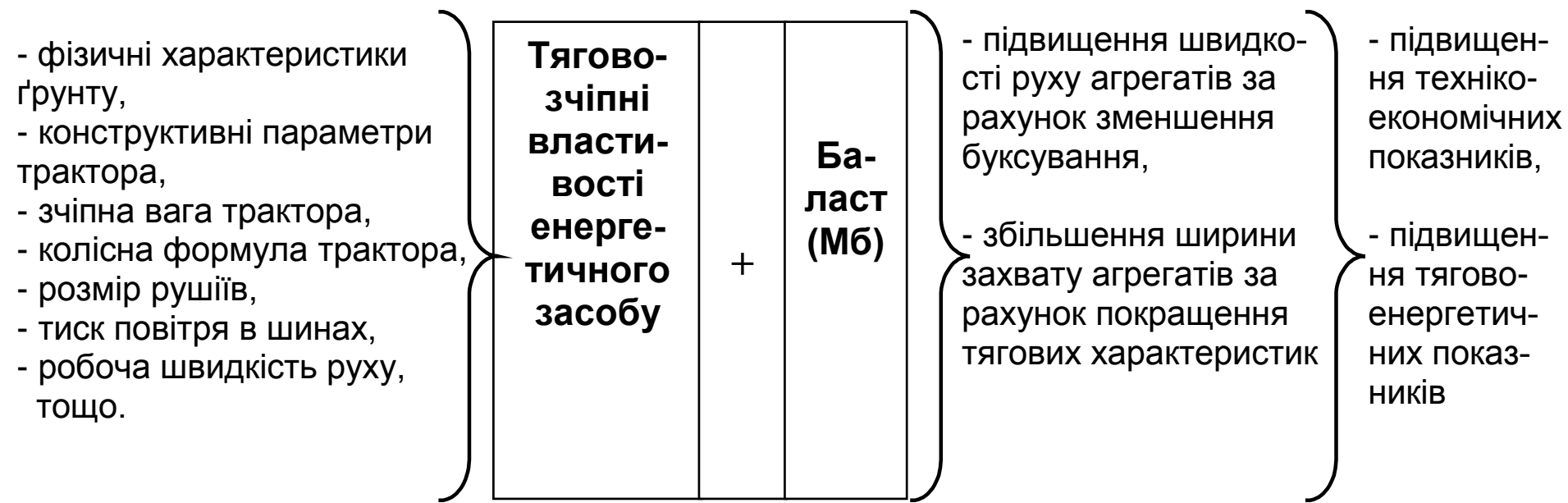


Рис. 1 – Ефект покращення тягово-зчіпних властивостей енергетичного засобу з баластом



# CASE 210



# CASE 255



# CASE 310



# CASE 335



# CASE 435



# CASE 7250



# New Holland TL5060



# New Holland TL8040





# New Holland T9060



# CLAAS AXION 850



# CLAAS 3300



# VERSATILE 435



# VALTRA



# FENDT 936



# DEUZ FAHR



# MASSEY FERGUSON





# JOHN DEERE 8330



# YTO X904



# YTO X1304



YTO: MS304,

X904, X1204



# Caterpillar-370



*Картоплекопач КУН-1 на базі мотоблока,  
Мелітополь.*



# *Посівний агрегат АМАКО*



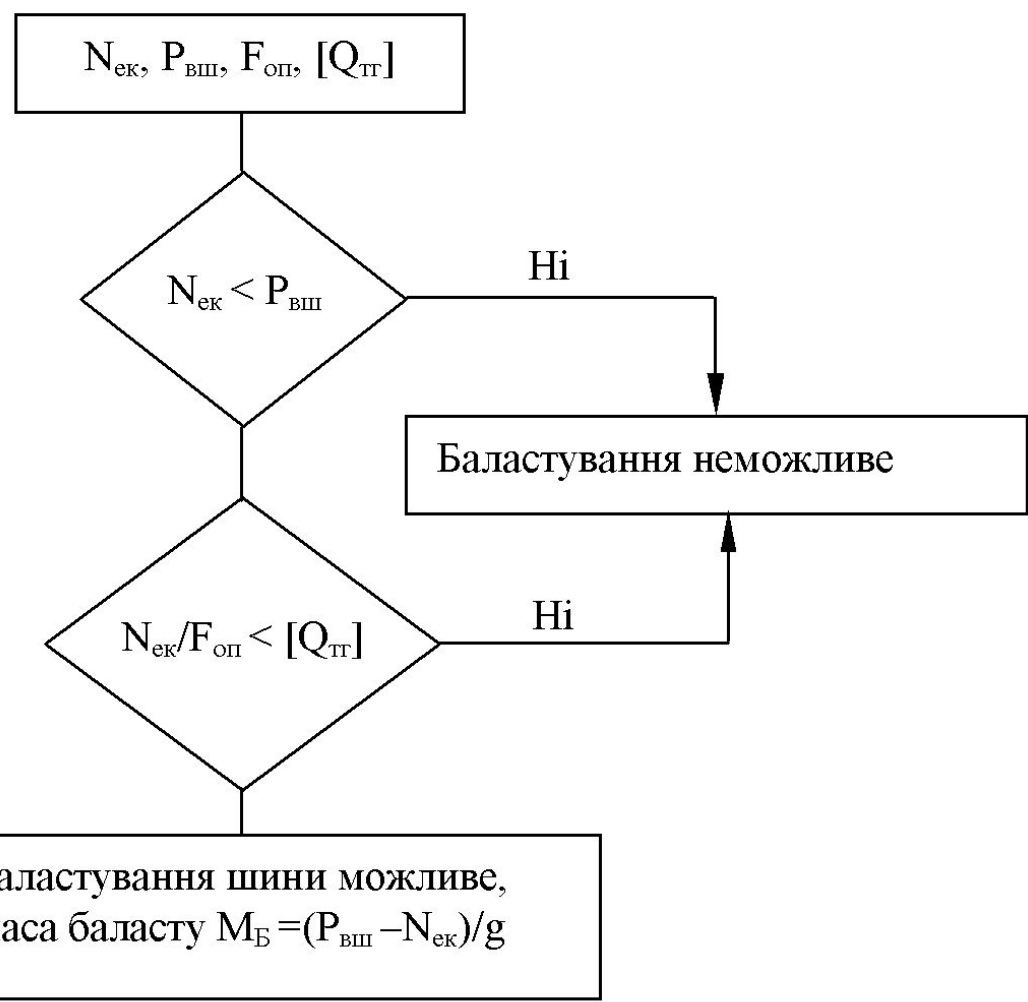
## Обмеження експлуатаційного навантаження на рушій



## Основні правила баластування трактора!

- 1) Не можна один раз забаластувати трактор на весь строк його експлуатації, якщо він виконуватиме різні види робіт, або навіть працюватиме з однаковими агрегатами у різних умовах.**
- 2) Тільки правильне баластування допомагає економити питомі витрати палива та підвищує продуктивність роботи. Небажаним є як надто малий, так і надто великий баласт. Тож величина баласту обмежується тоді, коли показник буксування трактора з агрегатом відповідає допустимому рівню.**
- 3) Баластування завжди слід перевіряти на відповідність обраному агрегату та умовам ґрунту, і тільки коли воно відповідатиме умові екофільності шини.**





## Умова екофільності шини:

$$\frac{N_{ек} \leq P_{вш}}{F_{оп}} \leq [Q_{тр}]$$

$N_{ек}$  - експлуатаційне навантаження на рушій;  
 $P_{вш}$  - допустима вантажопідйомність шини;  
 $F_{оп}$  - площа опорної поверхні шини;  
 $[Q_{тр}]$  - допустимий тиск на ґрунт, створюваний трактором

Рис. - Блок-схема алгоритму визначення можливості баластування рушія колісного енергетичного засобу

### 4.3. Проблема компромісу між тягово-енергетичними показниками мобільних енергетичних засобів і буксуванням.

В теорії трактора вважається, що допустимим рівнем буксування рушіїв трактора при номінальному тяговому зусиллі дорівнює:

Тип рушіїв	Колісна формула	Швидкість руху, км/год	Допустиме буксування, $\delta_n$ , %
Колісний	4К2	8...10	16
	4К4	8...10	14
Гусеничний	-	7...9	3

**Номінальне тягове зусилля  $P_{кн}$  (кН), яке розвиває трактор за умови достатнього зчеплення його рушіїв з ґрунтом:**

$$P_{кн} = G_{тр} \cdot \phi_{кр.н}$$

де  $G_{тр}$  – експлуатаційна вага трактора, кН;  $\phi_{кр.н}$  – коефіцієнт використання ваги трактора при номінальному тяговому зусиллі, що обмежується максимально допустимим рівнем буксування ( $\delta_{мах}$ )

Водночас, малій величині буксування відповідає менша значина дотичної сили тяги, яку розвиває колесо. За даними багаторічних досліджень максимальна величина цієї сили має місце при буксуванні рушіїв трактора на рівні 22...24%. А це, на нашу думку, значно перевищує той рівень, за якого можливе здійснення неприйняттого руйнування ґрунтового середовища.

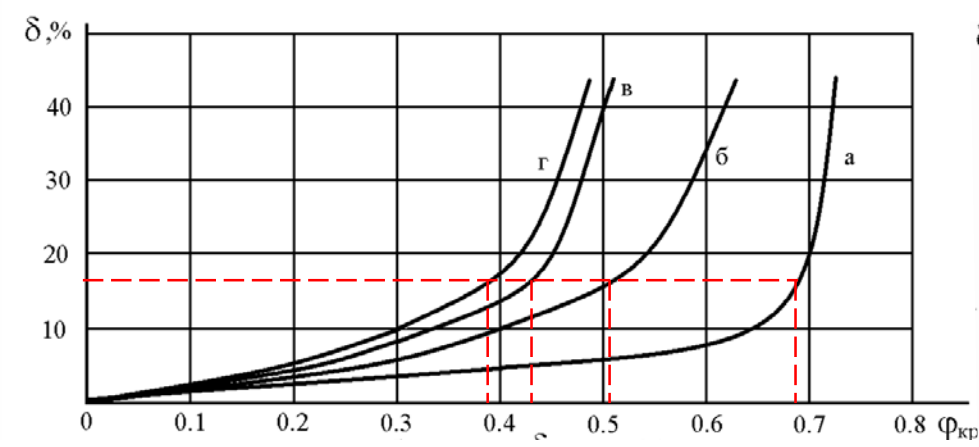


Рис. 3.1 - Залежність буксування  $\delta$  від коефіцієнту використання ваги трактора  $\phi_{кр}$  для тракторів 4К2: а – асфальт, бетон; б – щільний ґрунт; в – стерня; г – поле, підготовлене під посів

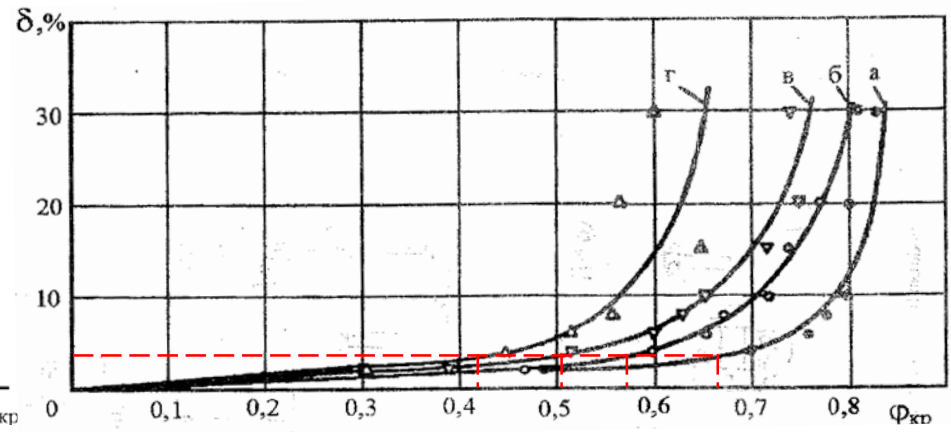


Рис. 3.3 - Залежність буксування  $\delta$  від коефіцієнту використання ваги трактора  $\phi_{кр}$  для гусеничних тракторів: а – щільний ґрунт; б – стерня; в – пар; г – поле, підготовлене під посів

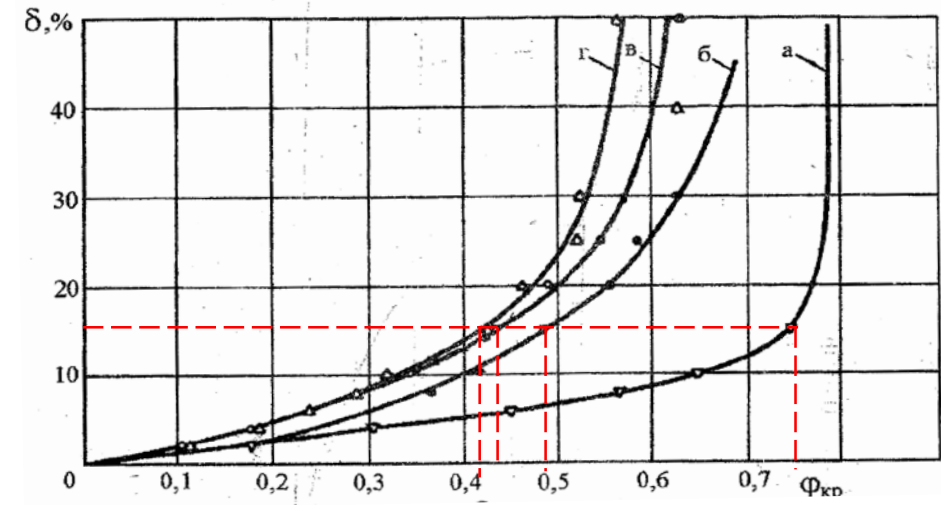


Рис. 3.2 - Залежність буксування  $\delta$  від коефіцієнту використання ваги трактора  $\phi_{кр}$  для тракторів 4К4: а – асфальт, бетон; б – щільний ґрунт; в – стерня; г – поле, підготовлене під посів

Буксування рушіїв колісного енергетичного засобу, як відомо, не тільки потребує витрат палива на свій прояв і обумовлює знос шин, але й руйнує структуру ґрунту. Цей процес обумовлений деформаціями зминання та зрізу під дією того тиску, який здійснює на ґрунт бокова стінка останнього по ходу колеса ґрунтозачепу.

Звідси впливає потреба у пошуку наступного компромісу: граничне буксування колісного рушія має бути таким, щоб за мінімально припустимого погіршення структури ґрунту розвивати максимально можливу дотичну силу тяги.

$$[Q_{\max}] \geq Q_d = f(G, t_r, h_r, b_{\text{ш}}, R_k, \alpha, \delta_{\max}),$$

де  $[Q_{\max}]$  - норма допустимого максимального тиску ходових систем енергетичних засобів на ґрунт в залежності від його гранулометричного складу і вологості, а також строків проведення сільськогосподарських робіт у різних ґрунтово-кліматичних зонах;

$Q_d$  - тиск, який здійснює ґрунтозачеп колеса на ґрунт у горизонтальній площині;

$b_{\text{ш}}$  – ширина шини (рис. 1);

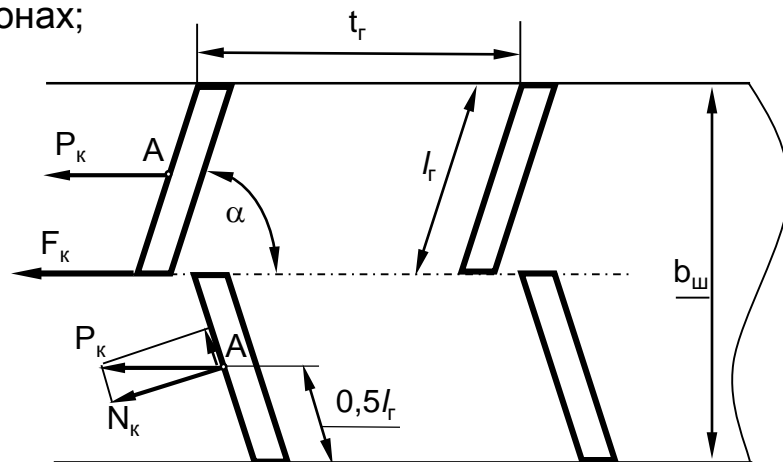
$t_r$  – крок ґрунтозачепів на шині (рис. 1);

$\alpha$  – кут відхилення ґрунтозачепа від поздовжньої осі колісного рушія;

$h_r$  - висота ґрунтозачепа;

$G, \delta$  - вертикальне навантаження на колісний рушій і його буксування;

$R_k$  - статичний радіус колеса.



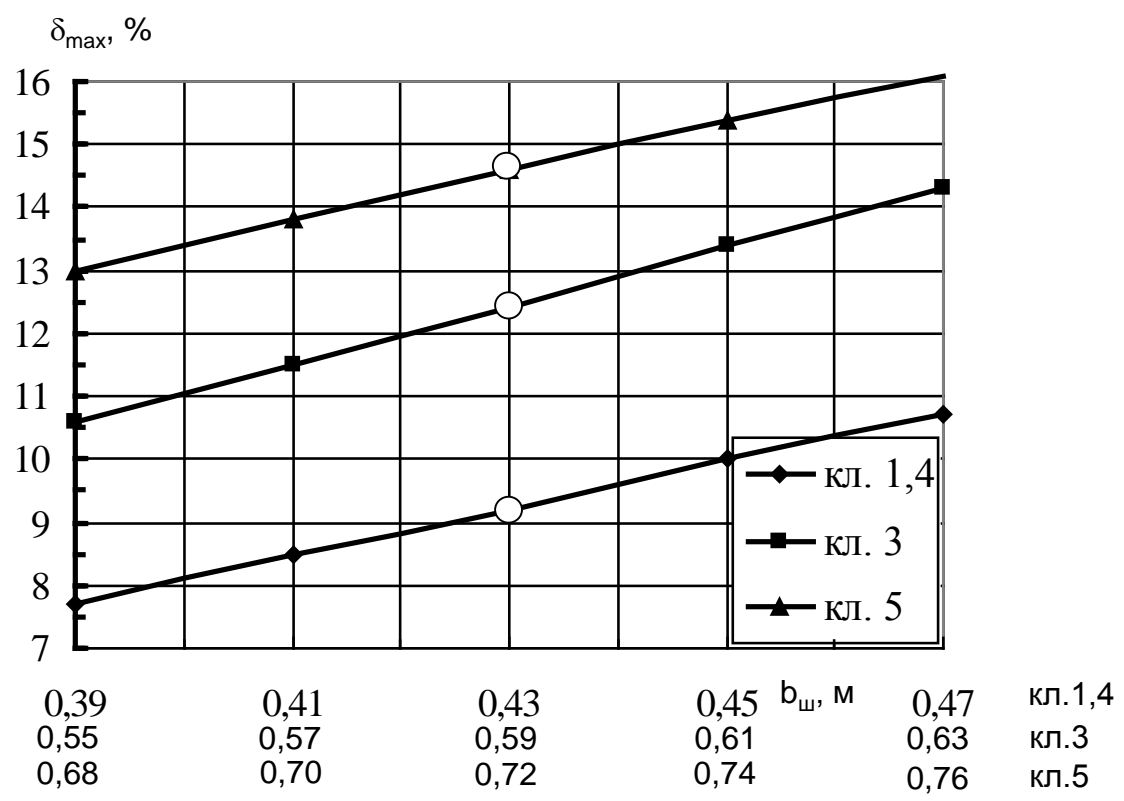


Рис. - Залежність максимально допустимого буксування рушіїв колісних тракторів різних тягових класів від ширини шини

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%.

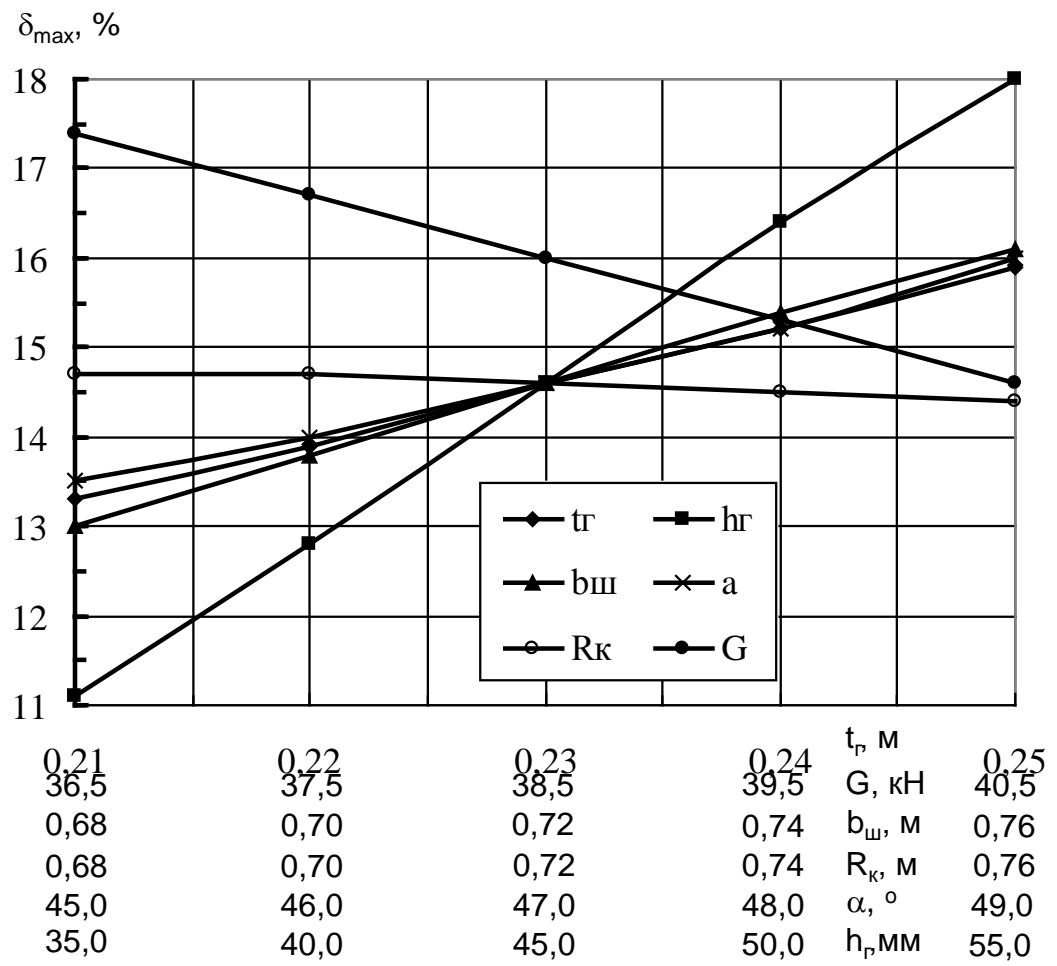


Рис. - Залежність максимально допустимого буксування рушіїв трактора тягового класу 5 від параметрів шини ( $b_{ш}$ ,  $T_g$ ,  $h_r$ ,  $\alpha$ ), радіуса кочення колеса ( $R_k$ ) та вертикального навантаження на нього ( $G$ )

#### 4.4. Основні напрями ефективного використання енергонасичених мобільних енергетичних засобів.

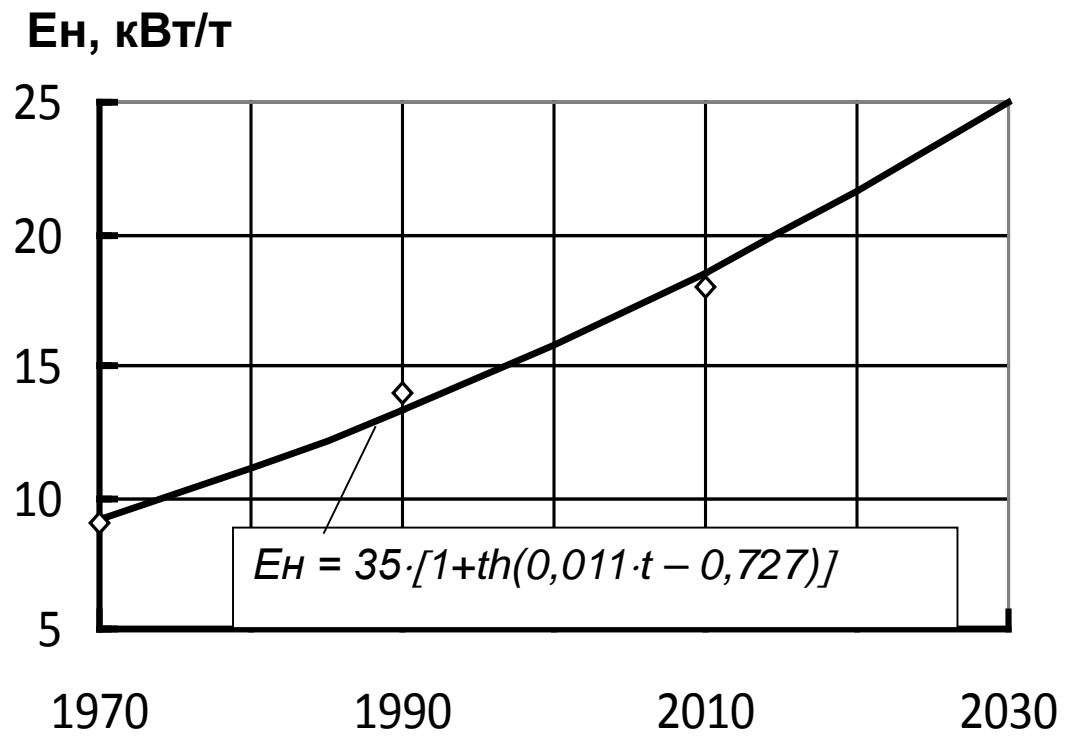


Рис. - Прогноз динаміки енергонасиченості тракторів до 2030 р.

Наприклад, Т-150К масою 8 т у 2030 р. буде обладнаний двигуном з потужністю уже не 120кВт, як нині, а 200 кВт (тобто 272 к.с.). А таку потужність має двигун трактора типу К-701 при його експлуатаційній масі 12 т і агрегується такий трактор, як відомо, зовсім з іншими (більш широкозахватними) машинами/знаряддями, ніж той же трактор типу Т-150К.

У зв'язку з цим виникає логічне питання: як і з чим мають експлуатувати сільгоспвиробники енергетичний засіб, енергонасиченість якого становить 25 кВт/т і більше?

## Основні напрями ефективного використання енергонасичених мобільних енергетичних засобів

1) Реалізація потужності двигунів енергонасичених мобільних енергетичних засобів через активний привід робочих органів с-г. машин/знарядь, тобто енергонасиченість засобів тягової концепції:

$$\dot{A}_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{дв}} + N_{\text{а}} + N_{\text{ф}}}{G_{\text{дв}}} \leq 15 \text{ кВт / т}$$

а тягово-енергетичної концепції:

$$\dot{A}_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{дв}} + N_{\text{а}} + N_{\text{ф}} + N_{\text{т}}}{G_{\text{дв}}} > 15 \text{ кВт / т}$$



2) Підвищення робочих швидкостей руху агрегатів.  
 При цьому енергонасиченість трактора зростає (рис.)



Рис. – Залежність енергонасиченості тракторів від швидкості руху МТА

### 3) Збільшення тягового зусилля енергонасиченого трактору шляхом його баластування:

$$P_{кр} = G_{тр} \cdot \varphi_{кр} \approx 0,45 \cdot (G_{тр} + M_{б} \cdot g),$$

де  $P_{кр}$  – номінальне тягове зусилля, кН;

$G_{тр}$  – експлуатаційна вага енергозасобу, кН;

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

$M_{б}$  – маса баласту, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $m/s^2$ .

#### 4) Створення модульних енергетичних засобів (МЕЗ) перемінного тягового класу



а)



б)

Рис. - МЕЗ перемінного тягового класу 1,4-3 (а) і 3-5 (б)

## 4.5. Вибір коефіцієнта кінематичної невідповідності в приводі ходової системи колісного мобільного енергетичного засобу.

В тракторах де застосовується блокований привід переднього і заднього мостів майже завжди існує певна кінематична невідповідність між передніми і задніми колесами.

Причини: розміри радіусів коліс можуть відхилитися від своїх розрахункових значень у ту або іншу сторону залежно від різноманітних факторів - виробничих допусків, ступеня зношеності протекторів, тиску повітря в шинах і, особливо суттєво, в результаті зміни діючих на колеса нормальних навантажень відповідно до умов роботи.

Коли застосовують передні і задні колеса різних номінальних діаметрів, розбіжність в окружних швидкостях коліс утворюється в результаті неможливості конструктивно точно погодити кутові швидкості обертання обох осей. На поворотах кінематична невідповідність обумовлена ще тим, що при криволінійному русі трактора кожна з його осей повинна одночасно проходити різні шляхи, тим часом як обидві осі, будучи зблокованими, прагнуть рухатися з однаковими поступальними швидкостями.

Кінематична невідповідність виражається відповідним коефіцієнтом ( $K_v$ ):

$$K_v = V_{п} / V_{з} = (\omega_{п} \cdot r_{п}) / (\omega_{з} \cdot r_{з})$$

$\omega_{п}$ ,  $r_{п}$  і  $\omega_{з}$ ,  $r_{з}$  - кутова частота обертання і статичний радіус передніх і задніх коліс

Для інтегральних повноприводних тракторів, у яких передні і задні колеса однакові:

$$K_v = V_{\Pi} / V_3 = \frac{\rho_3 \cdot (2\pi \cdot \rho_{\Pi} \cdot \sqrt{R^3 \cdot r} - G_{\Pi})}{\rho_{\Pi} \cdot (2\pi \cdot \rho_3 \cdot \sqrt{R^3 \cdot r} - G_3)},$$

де  $G_{\Pi}$ ,  $G_3$  – вертикальні навантаження на передні і задні колеса трактора, кН;  $\rho_{\Pi}$ ,  $\rho_3$  – тиск повітря в шинах передніх і задніх коліс енергетичного засобу, мПа;  $R$  – радіус кочення коліс трактора, м;  $r$  – радіус шин енергетичного засобу у поперечному розрізі, м.

З отриманого виразу бачимо, що забезпечення ідеальної значини коефіцієнта кінематичної невідповідності  $K_v = 1$  можна досягти за умови:

$$\frac{\rho_3}{\rho_{\Pi}} = \frac{G_3}{G_{\Pi}}$$

Фактично з виразу випливає, що для отримання оптимальної кінематичної невідповідності в приводі ходової системи повнопривідного орно-просапного трактора з однаковими колесами відношення тиску повітря у шинах задніх коліс до тиску повітря у передніх рушіях має бути таким же, як і відношення вертикального навантаження на задній міст до вертикального навантаження на передній міст енергетичного засобу.

## 4.6 Комплектування СГА/МТА з використанням тягових і тягово-динамічних характеристик мобільних енергетичних засобів

Під комплектуванням МТА розуміють науково обґрунтований процес вибору (для виконання заданої операції) складу агрегату (енергозасобу, числа робочих машин, зчіпки) і робочої швидкості відповідно до агротехнічних вимог.

Основні завдання комплектування агрегатів на базі наявної в господарствах техніки зводяться до вибору складу і швидкісного режиму та відповідно розглядаються на двох рівнях.

На першому рівні (етапі) залежно від природно-виробничих умов виконання операції (довжина гонів, розмір поля, середній питомий опір робочих машин даного типу та ін.) вибирають трактор або інший енергозасіб, що задовольняє вимогам ресурсозбереження, високій продуктивності, охорони навколишнього середовища і т.д. В якості критерію оптимізації виступають продуктивність і відповідні експлуатаційні витрати.

На другому рівні (етапі) для обраного енергозасобу (трактору) за відповідним критерієм ресурсозбереження розраховують оптимальні значення робочої швидкості і ширини захвата агрегату з наступним вибором числа машин і зчіпки.

Рішення задач другого рівня практично зводяться до оптимізації режиму робочого ходу агрегату. Еквівалентними критеріями при експлуатаційних розрахунках з обґрунтування складу і швидкісного режиму тягових агрегатів виступають:

В рішенні завдань другого рівня при експлуатаційних розрахунках використовують тягову характеристику трактора, яка може бути отримана експериментально в результаті тягових випробувань, або побудована теоретично:

$$(N_{кр}, v_{тр}, g_{кр}, \delta, \eta_m) = f(P_{кр})$$

В основу побудови теоретичної тягової характеристики трактора покладена регуляторна характеристика двигуна.

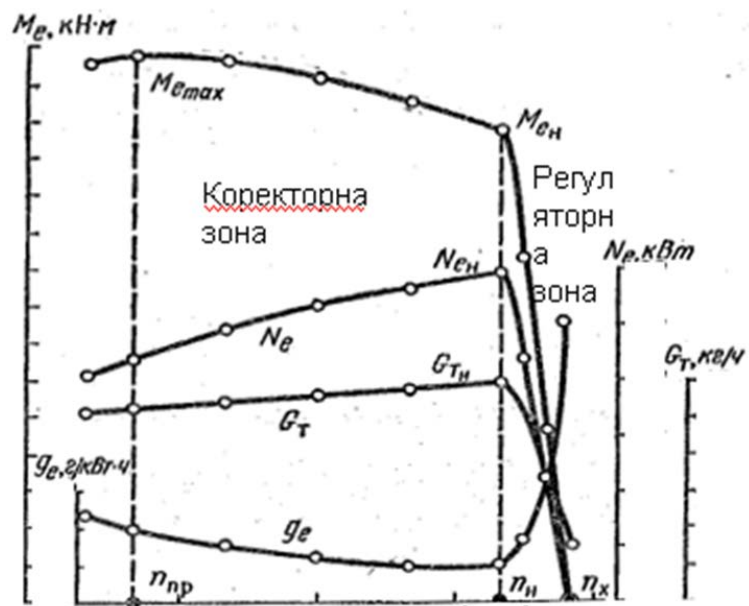


Рис. 1 – Швидкісна (регуляторна) характеристика дизельного двигуна

В реальних умовах експлуатації мають місце тягово-динамічні процеси, характерні нерівномірним тяговим опором сільськогосподарських машин/знарядь, внаслідок змінного навантаження тракторний двигун розвиває більш низькі показники у порівнянні з показниками, які отримують при постійному навантаженні.

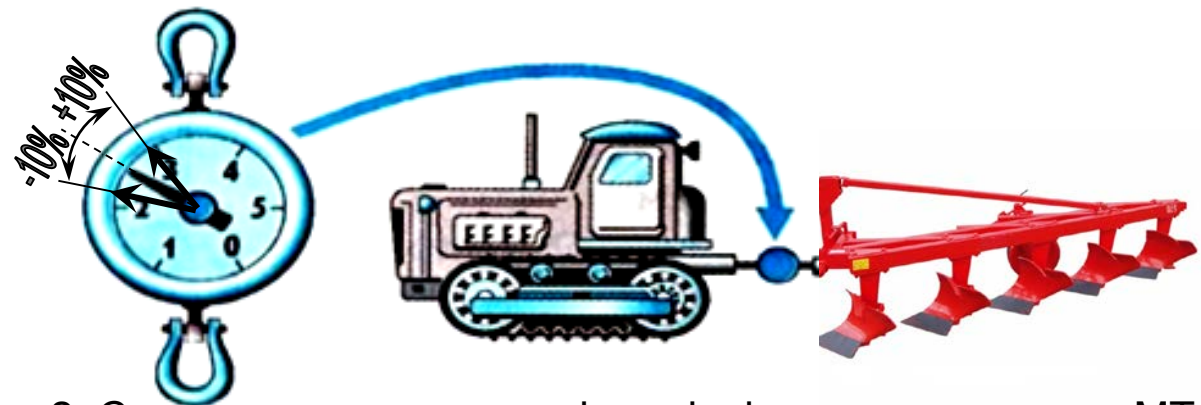


Рис. 2. Схема, яка пояснює нерівномірність тягового опору МТА

*Внаслідок нелінійності регуляторної характеристики і навантаження змінним моментом опору двигун не може розвивати повну потужність, зазначену в паспорті, яку він розвиває при навантаженні постійним моментом опору.*

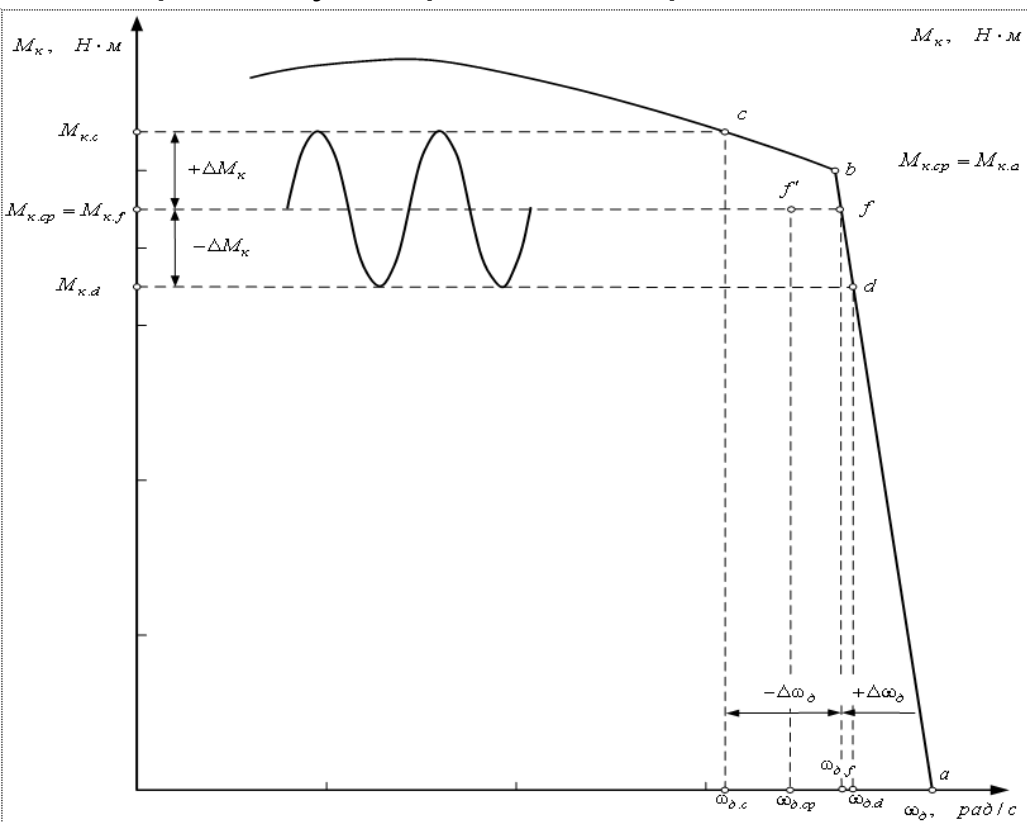


Рис. 1. Вплив коливань навантаження на зниження кутової швидкості колінчатого вала двигуна

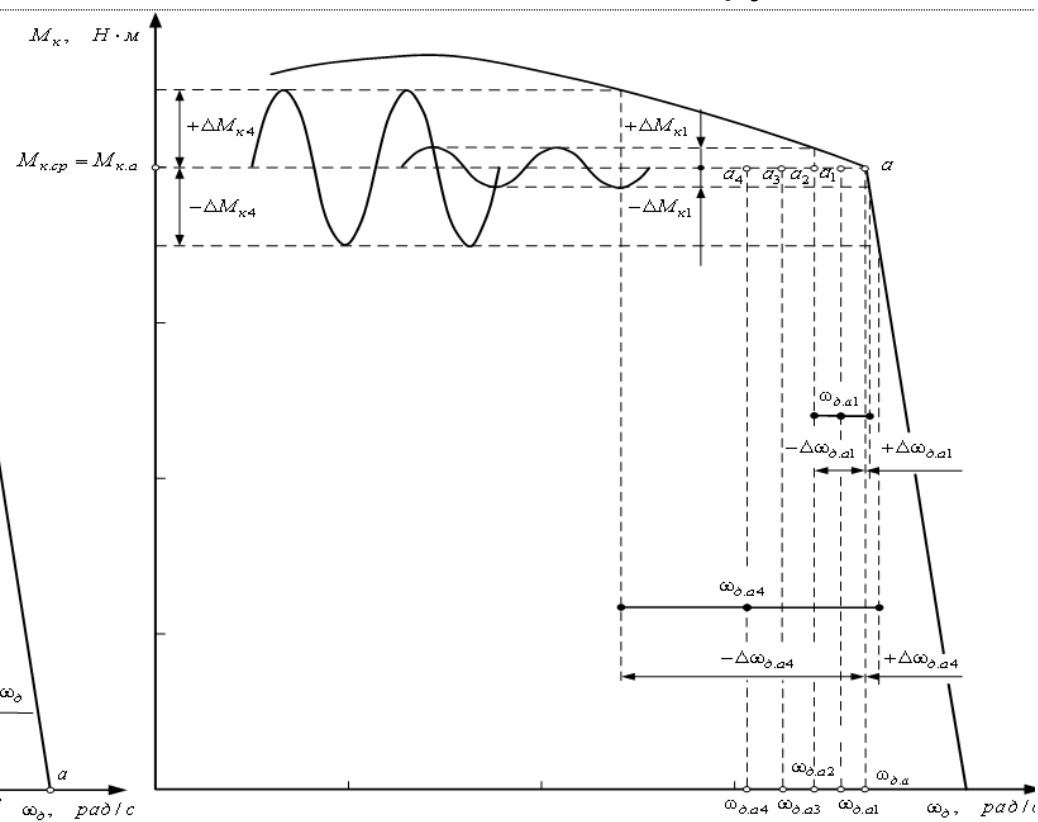


Рис. 2. Залежність середнього значення кутової швидкості колінчатого вала двигуна від амплітуди коливань моменту



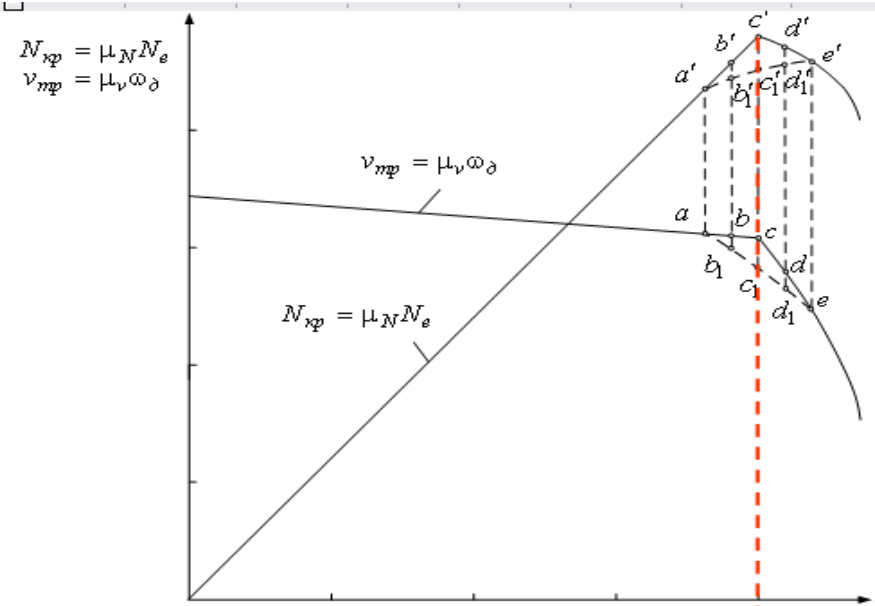


Рис. 2. Вплив нелінійності регуляторної характеристики двигуна на залежності  $N_{кр}$  і  $V_{тр}$  тягової характеристики трактора

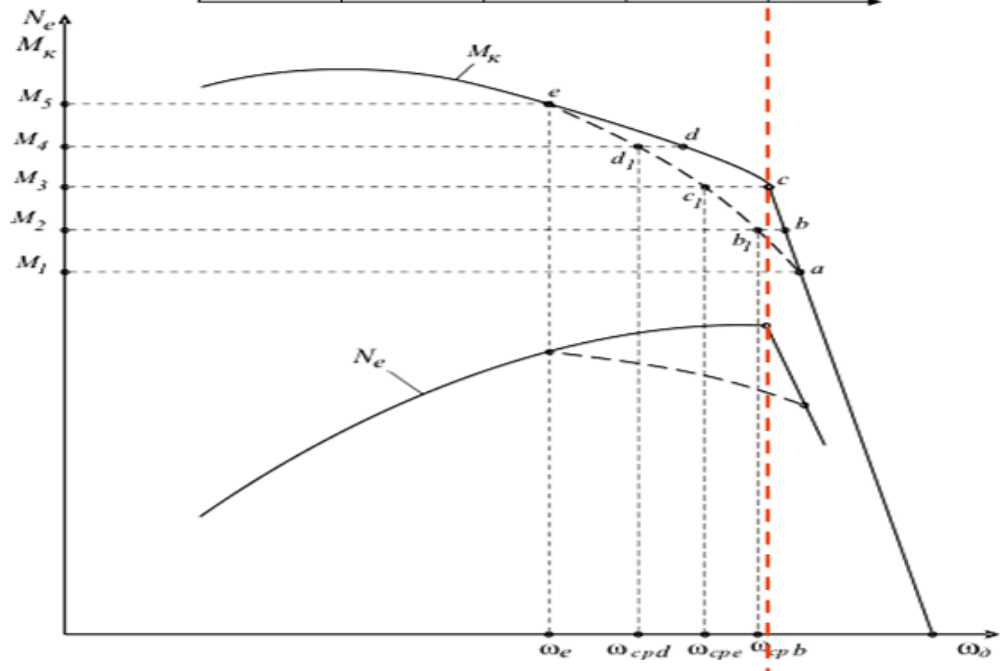


Рис. 1. Залежність середнього значення кутової швидкості колінчатого вала та ефективної потужності від завантаження двигуна при постійній амплітуді коливань моменту

Коефіцієнт варіації тягового навантаження трактора може становити  $K_x = 12-18\%$ .

Баланс потужностей трактора матиме вид:

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

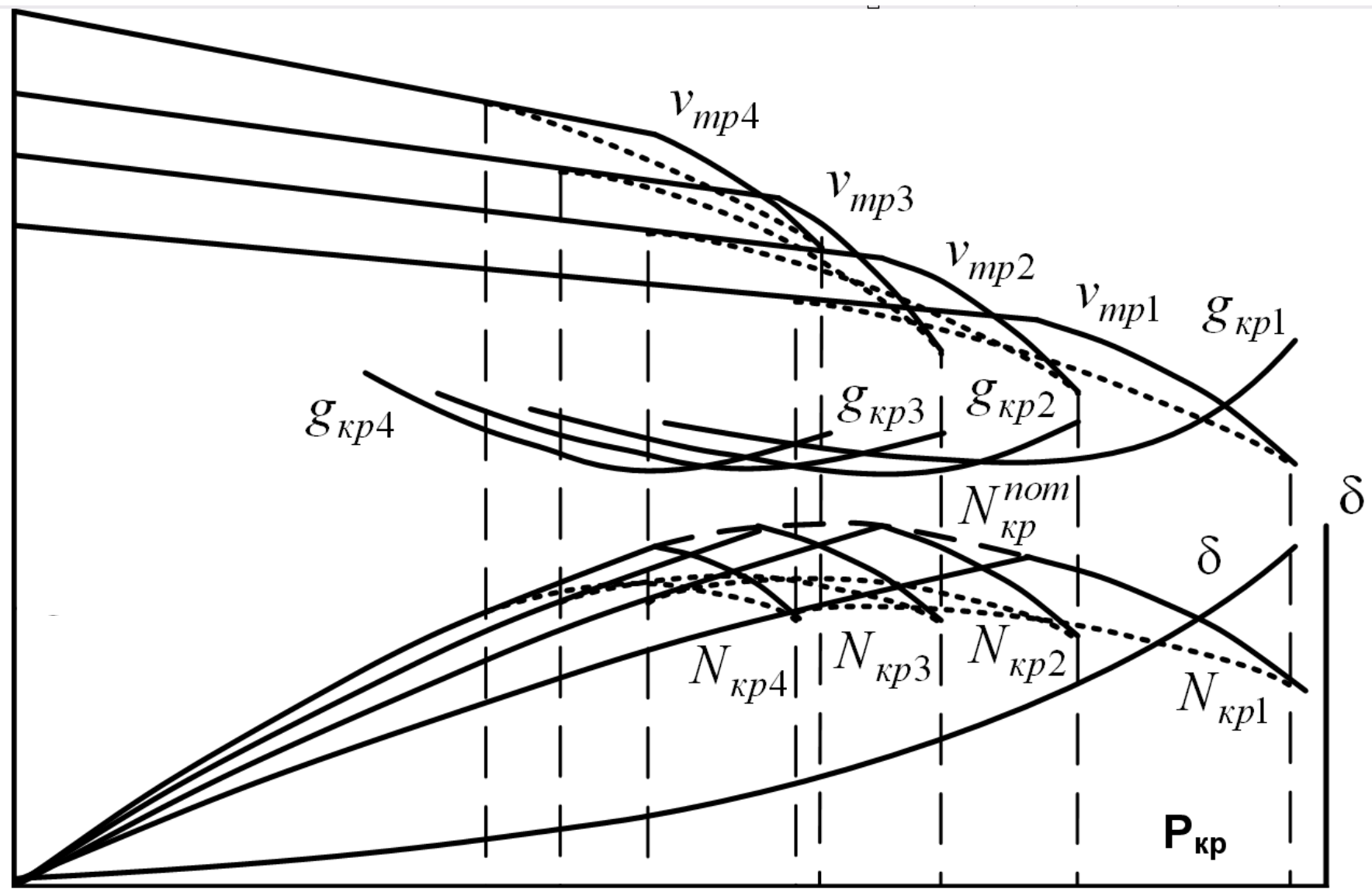
де  $N_{кр} = P_{кр} \cdot (1 + 3K_x) \cdot V$  - тягова потужність трактора;

$N_{тр} = N_e(1 - \eta_{тр})$  - потужність, яка характеризує витрати енергії на тертя в трансмісії;

$N_d = (P_f + P_{кр} \cdot (1 + 3K_x)) \cdot V \cdot \delta$  - потужність, яка характеризує витрати енергії на буксування рушіїв;

$N_f = P_f \cdot V$  - потужність, яка характеризує витрати енергії на подолання опорів коченню трактора.

$$(N_{кр}, v_{тр}, g_{кр}, \delta, \eta_m)$$



### 4.7. Перспективи використання мобільних енергетичних засобів з двигунами постійної потужності.

**Основна мета** поліпшення експлуатаційних властивостей тракторів та інших мобільних енергетичних засобів - це одержання таких параметрів і режимів роботи, при яких залежно від умов функціонування забезпечується **максимальне корисне використання потужності** двигуна при **мінімальній питомій витраті палива** і найменшому негативному впливі на навколишнє середовище.

Одним з **напрямків** поліпшення експлуатаційних властивостей енергетичних засобів є створення двигунів з **оптимальною** для сільськогосподарських робіт **регуляторною характеристикою**. Певним кроком у цьому напрямку варто вважати розробку конструкції двигуна **постійної потужності**. Такі двигуни в досить широкому діапазоні зміни частоти обертання мають високий коефіцієнт пристосовності за крутним моментом при майже постійній ефективній потужності.

**Регуляторна характеристика з  
різними способами регулювання  
дизеля за запасом крутного  
моменту**

Характеристика ідеального тракторного двигуна аналітично може бути виражена залежністю:

$$N_e = M_k \cdot \omega_d = \text{const.}$$

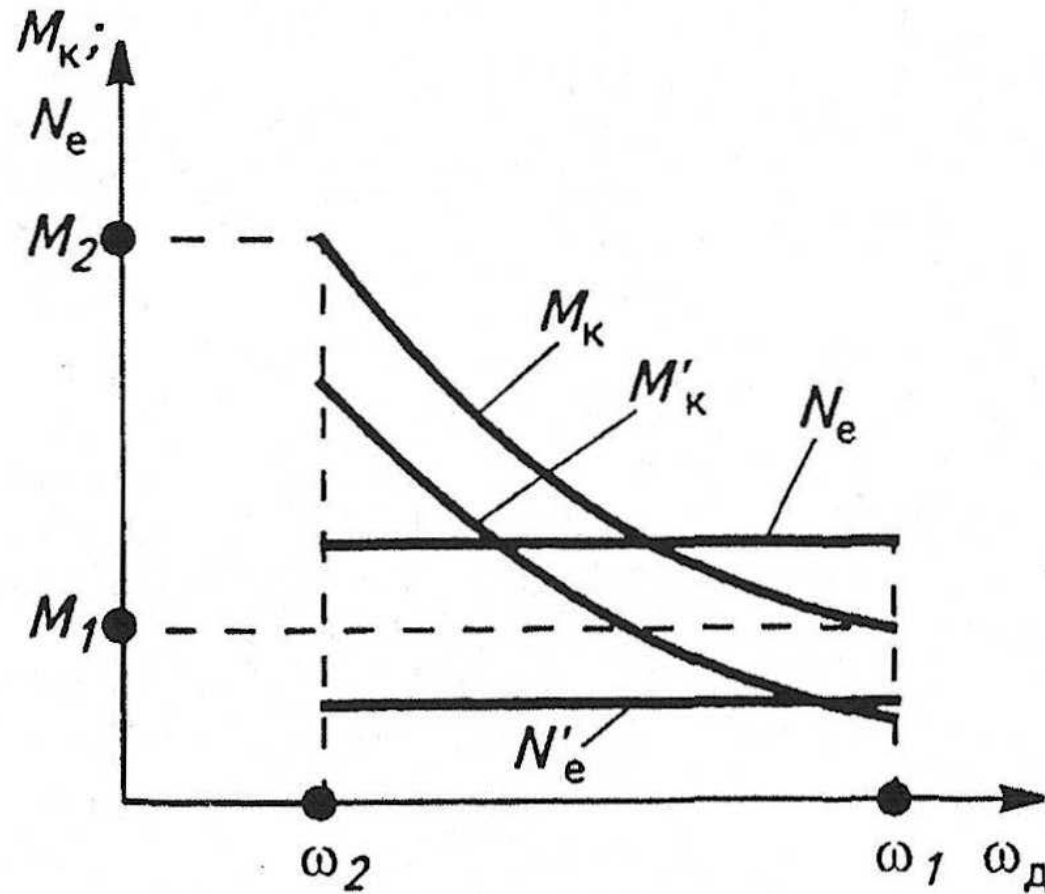
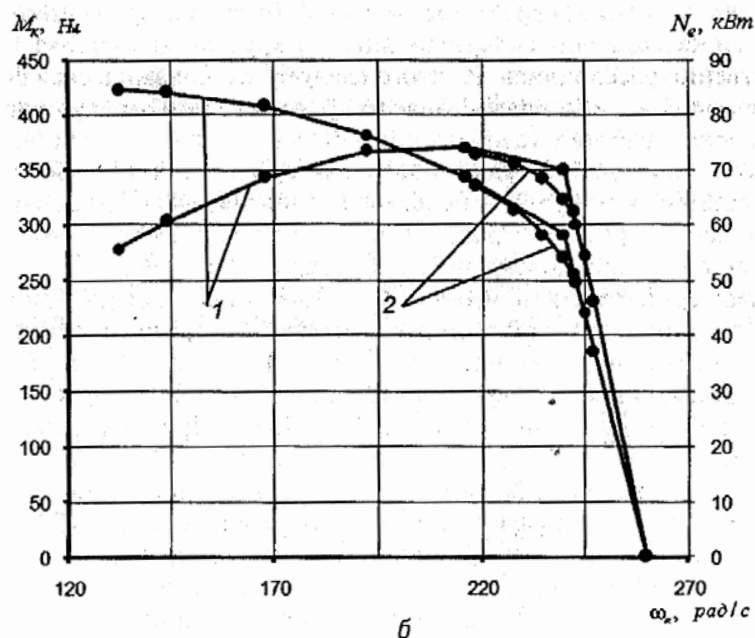
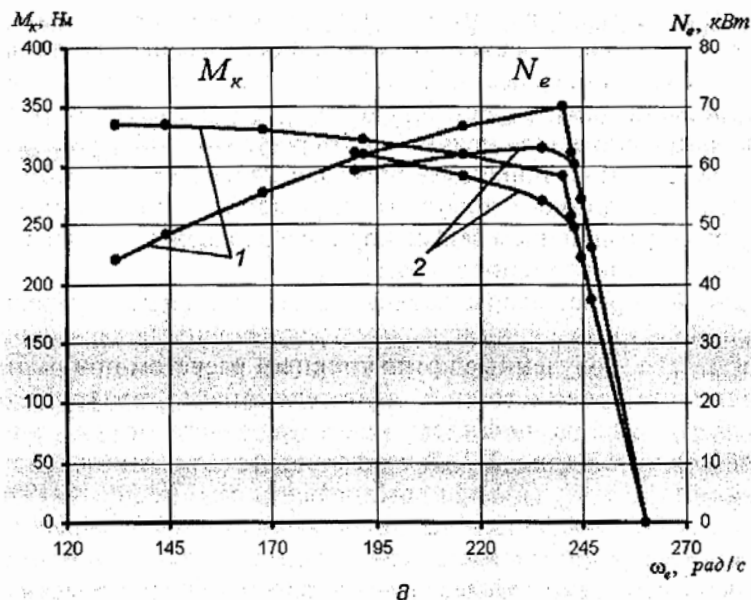


Рис. 1. Швидкісна характеристика двигуна постійної потужності



При більше високому запасі крутного моменту на коректорній ділянці регуляторної характеристики в межах від номінального режиму до режиму максимального моменту  $\omega_H - \omega_M$  можна домогтися такої залежності  $M_k = f(\omega_d)$ , щоб забезпечувалася характеристика приблизно постійної потужності:  $N_e = \text{const}$ . Ця ділянка характеристики в літературі одержала назву «**полиці постійної потужності**», а дизелі з такою характеристикою називають **двигунами постійної потужності**.

Рис. 4. Статична (1) і динамічна (2) регуляторні характеристики дизеля:  
 а - двигун відрегульований на запас крутного моменту 15%;  
 б - двигун відрегульований на запас крутного моменту 45%.

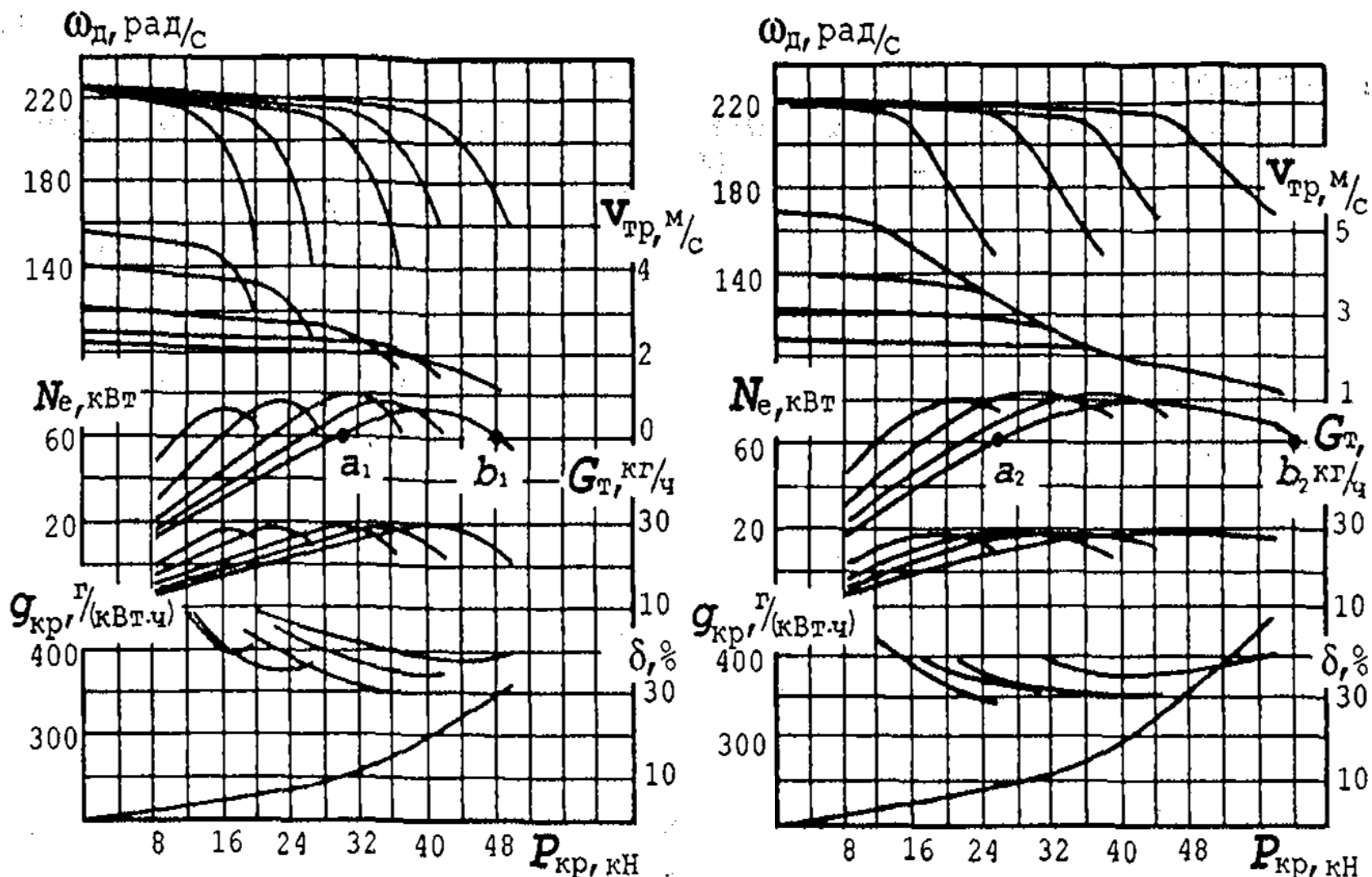


Рис. 5. Тягові характеристики колісного трактора класу 3:  
 а - двигун відрегульований на запас крутного моменту 15%;  
 б - двигун відрегульований на запас крутного моменту 35%



### Переваги та перспективи використання тракторів постійної потужності.

1. Двигуни постійної потужності, що мають запас крутного моменту до 40...45%, можуть працювати на коректорній ділянці регуляторної характеристики з коефіцієнтом можливого завантаження двигуна більше одиниці. Що призводить до збільшення продуктивності роботи на 6-8%.
2. Зменшується витрата палива на 1 га при виконанні роботи на більш економічній коректорній ділянці регуляторної характеристики двигуна, приблизно на 6-8%.
3. У трактора із двигуном постійної потужності тяговий діапазон на кожній з передач більший, ніж у трактора зі звичайним регулюванням двигуна за запасом крутного моменту.
4. За рахунок більш широкого тягового діапазону на одній передачі знижується кількість перемикачів передач, завдяки чому збільшується використання часу зміни  $\tau_{зм}$ .

Відзначені переваги налаштування тракторного двигуна на більший запас крутного моменту можуть бути реалізовані головним чином на тракторах загального призначення, які працюють, як правило, з високим тяговим навантаженням.

Оснащення універсально-просапних тракторів форсованими двигунами постійної потужності менш актуально, хоча підвищений запас крутного моменту двигуна, безсумнівно, позначиться позитивно на їхніх тягово-динамічних властивостях.

## Екзаменаційні питання за змістом матеріалу:

1. Шляхи підвищення праці машинно-тракторних агрегатів. Інженерно-технологічні заходи реалізації вказаних шляхів підвищення продуктивності роботи агрегатів.
2. Баластування трактора. Визначення маси баласту за умов екофільності шини.
3. Основні напрями ефективного використання енергонасичених мобільних енергетичних засобів тягово-енергетичної концепції в складі машинно-тракторних агрегатів.
4. Буксування рушіїв трактора, допустимий рівень. Вплив параметрів шини та вертикального навантаження, що діє на колесо, на допустимий рівень буксування.
5. Коефіцієнт кінематичної невідповідності в приводі передніх і задніх коліс повнопривідних тракторів.
6. Основні завдання комплектування машинно-тракторних агрегатів. Етапи аналітичного методу обґрунтування складу агрегату та його режимів роботи.
7. Статична та динамічна регуляторна характеристика дизельного двигуна.
  - 7.1. За якими показниками визначається здатність двигуна переборювати перевантаження?
  - 7.2. Чим характеризується нерівномірність моменту сил опору на валу двигуна?
  - 7.3. За яким критерієм визначають оптимальний ступінь навантаження двигуна і як впливає на неї коефіцієнт варіації моменту сил опору?
8. Тягова та тягово-динамічна характеристика трактора.
  - 8.1. Від яких факторів і параметрів трактора залежить рушійна сила?
  - 8.2. Номінальне тягове зусилля енергонасиченого трактора тягово-енергетичної концепції. Як його визначають на тяговій характеристиці?
  - 8.3. Тяговий баланс енергонасиченого трактора тягово-енергетичної концепції.
  - 8.4. Як розрахувати тягове зусилля трактора при його роботі з відбором потужності через ВВП?
  - 8.5. За рахунок чого можна забезпечити роботу трактора в межах допустимого рівня буксування?
  - 8.6. Загальний і тяговий ККД трактора, їх визначення та зони максимального значення на тяговій характеристиці.
  - 8.7. Як визначити на тяговій характеристиці трактора раціональний швидкісний режим роботи агрегату, що відповідає максимуму тягового ККД і допустимому рівню буксуванню рушіїв?
  - 8.8. У якому зв'язку перебувають регуляторна характеристика двигуна і тягова характеристика трактора?
  - 8.9. Потенційна характеристика трактора. Яким чином можна наблизити тягову характеристику трактора із ступінчатою трансмісією до ідеальної?
  - 8.10. Методика побудови тягової характеристики трактора при відборі потужності через ВВП.