

- Возможно все! На невозможное просто требуется больше времени!

## Лекція 6

### Раціональне агрегування орних МТА

6.1. Раціональне агрегування орних МТА із змінною шириною захвата корпусів плуга [1].

6.2. Вплив схеми та параметрів орного МТА на характер зміни вертикальних реакцій на мостах енергетичного засобу [2].

6.3. Збільшення тягово-зчіпних властивостей тракторів шляхом використання довантажувачів ведучих коліс [3].

#### Література

1. Булгаков В.М. Агрегування плугів / В.М.Булгаков, В.І.Кравчук, В.Т. Надикто. – К.: Аграрна наука. – 2008. – 152 с. [С. 74-77].
2. Кузнецов Е.Е. Пути и методы оптимизации тягово-сцепных свойств энергетического средства / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, Е.С.Поликутина // Техника и оборудование для села. – 2015, № 8. – С. 26-27.

Під **раціональним агрегуванням трактора з плугом** будемо розуміти таке, яке за якомога меншому тяговому опору дозволяє отримати максимальну продуктивність роботи. Величина останньої, як відомо, визначена шириною захвату плуга та швидкістю його руху.

Сьогодні тенденціями вдосконалення конструкцій плугів є можливість регулювання їх ширини захвата корпусів.

Ефект раціонального агрегування орних МТА розглянемо з позиції максимального використання тягового зусилля трактора та способу агрегування плуга.

Кількість корпусів	3-5
Максимальна потужність на корпус, кВт/к.с.	26/35
Ширина захвату (регулюється плавно), см:	
- при відстані між корпусами 90 см	30-45
- при відстані між корпусами 102 см	30-50

Технічна характеристика навісного плуга Vari-Master 151 (Франція)

Переваги використання плуга із змінною шириною захвата:

- раціональне використання потужності трактора на різних ґрунтах і забезпечення якісної оранки (адаптація до доступних тягових зусиль);
- економія часу і зниження витрати палива;
- більша робоча швидкість на крутих ухилах;
- можливість обробки ґрунту із великою кількістю поживних залишків;
- точна обробка по контуру поля;
- об'їзд перешкод і оранка засмічених полів.

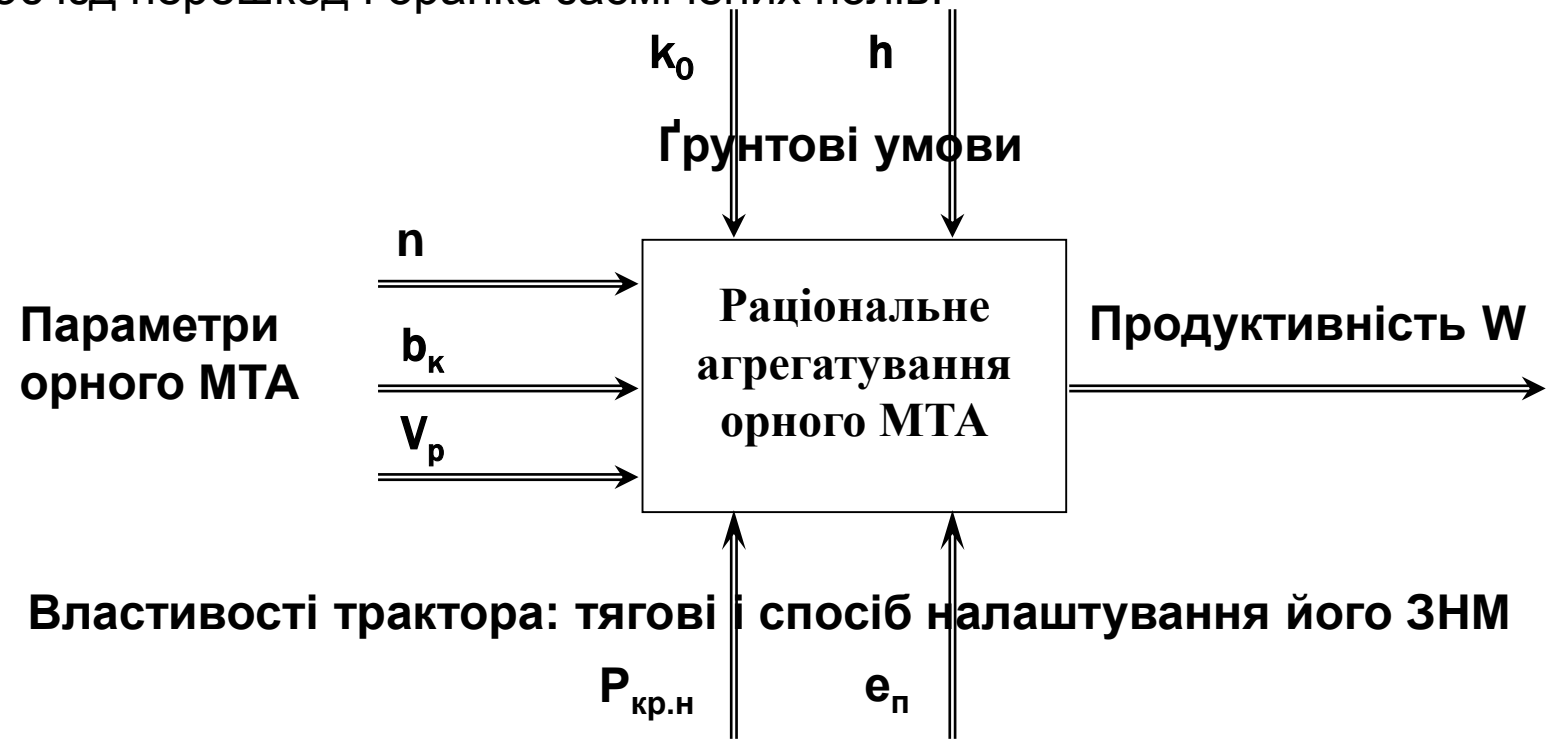


Рис. 1 – Функціональна схема раціонального агрегування орного МТА

## 1. Використання тягового зусилля трактора на оранці

**Зв'язок тягового опору плуга з номін. тяговим зусиллям трактора:**

$$R_{\text{пл}} = P_{\text{кр.н}} \cdot \xi_p, \quad (1)$$

де  $P_{\text{кр.н}}$  – номінальне тягове зусилля, що розвиває трактор за умови достатнього зчеплення його рушіїв з ґрунтом, кН;

$\xi_p$  – ступінь завантаження трактора за тягою (коефіцієнт використання номінального тягового зусилля) (табл. 1):

Таблиця 1 - Раціональні значення ступеня використання тягового зусилля $\xi_p$ на оранці	
Умови оранки	Значення $\xi_p$
Оранка легких і середніх ґрунтів	0,9 - 0,94
Оранка важких ґрунтів	0,86 - 0,9
Оранка пересушених, ущільнених і кам'янистих ґрунтів	0,78 - 0,82

При сталому русі орного агрегату тяговий опір плуга, як відомо, розраховується:

$$R_{пл} = k_{пл} \cdot h \cdot b_x \cdot n, \quad (2)$$

де  $b_x$  – конструктивна ширина захвату корпусу плуга, м;

$h$  – глибина оранки, м;

$n$  – число корпусів плуга;

$k_{пл}$  – питомий тяговий опір плуга, Н/м<sup>2</sup>:

$$k = k_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right], \quad (3)$$

тут  $V_p$  – робоча швидкість руху орного агрегату, км/год;

$V_0$  – швидкість руху (еталонна)  $V_0=5$  км/год;

$\Delta c$  – темп зростання питомого тягового опору на оранці, % (табл. 1):

Таблиця 1 – Значення темпу зростання питомого тягового опору на оранці

Умови оранки	$\Delta c$
Оранка цілини, залежи, багаторічних трав, стерні озимих при $k_{пл} > 60$ кН/м <sup>2</sup>	5-7
Оранка стерні озимих, кукурудзи, соняшника при $k_{пл} = 45-60$ кН/м <sup>2</sup>	3-5
Оранка легких, піщаних та супіщаних ґрунтів при $k_{пл} < 45$ кН/м <sup>2</sup>	2-3

$k_0$  - номінальний питомий тяговий опір плуга,  $\text{кН/м}^2$  (табл. 2):

Таблиця 2 - Питомий тяговий опір плугів ( $k_0$ ,  $\text{кН/м}^2$ ) при швидкості  $V_0=5$   $\text{км/год}$  в залежності від різновиду ґрунтів

Ґрунти	Агрофон	Різнovid ґрунтів				
		глинисті	суглинки			супісок
			важкі	середні	легкі	
Чорноземні	стерня озимих	68	49	35	25	25
	трави	86	57	45	31	31
	цїлина	90	71	52	39	39
Дерново-підзолисті	стерня озимих	66	47	34	26	26
	трави	74	56	43	30	30
	цїлина	92	71	50	40	40
Каштанові	стерня озимих	69	47	36	22	22
	цїлина	98	68	55	29	29
Засолені	стерня озимих	-	82	73	65	65

Також відомо, що номінальне тягове зусилля  $P_{\text{кн}}$  (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 з буксуванням не більше за допустиме:

$$P_{\text{кр.н}} = G_{\text{тр}} \cdot \varphi_{\text{кр.н}} \quad (4)$$

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

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

Після підстановки (2-4) в (1) і математичних перетворень маємо рівняння, яке дозволяє визначити добуток ширини корпусу плуга на число його корпусів:

$$b_x \cdot n = \frac{G_{\text{тр}} \cdot \varphi_{\text{кр.н}} \cdot \xi_p}{h \cdot k_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right]} \quad (5)$$

## 2. Умови агрегування плуга з трактором

З позиції бажаного симетричного приєднання плуга до трактора необхідно щоб величина його поперечного зміщення ( $e_{\pi}$ ) дорівнювала нулю:

$$\begin{aligned} e_{\pi} &= [B_{\pi} + 2 \cdot A + b - b_k \cdot (n+1)]/2 = 0, \\ e'_{\pi} &= [B_{\pi} - b - b_k \cdot (n+1)]/2 = 0, \end{aligned} \quad (6)$$

де  $e_{\pi}$  і  $e'_{\pi}$  - поперечне зміщення плуга при переміщенні рушіїв його правого борту поза борозною і в борозні відповідно, м;

$B_{\pi}$  - колія енергетичного засобу, м;

$A$  – відстань від борозни до зовнішньої крайки рушія, м;

$b$  – ширина рушія трактора, м.

З рівнянь (6) також можна визначити добуток ширини корпусу плуга на число його корпусів:

$$\begin{aligned} b_k \cdot (n+1) &= B_{\pi} + 2 \cdot A + b, \text{ якщо трактор рухається поза борозною,} \\ b_k \cdot (n+1) &= B_{\pi} - b, \text{ якщо трактор рухається в борозні.} \end{aligned} \quad (7)$$

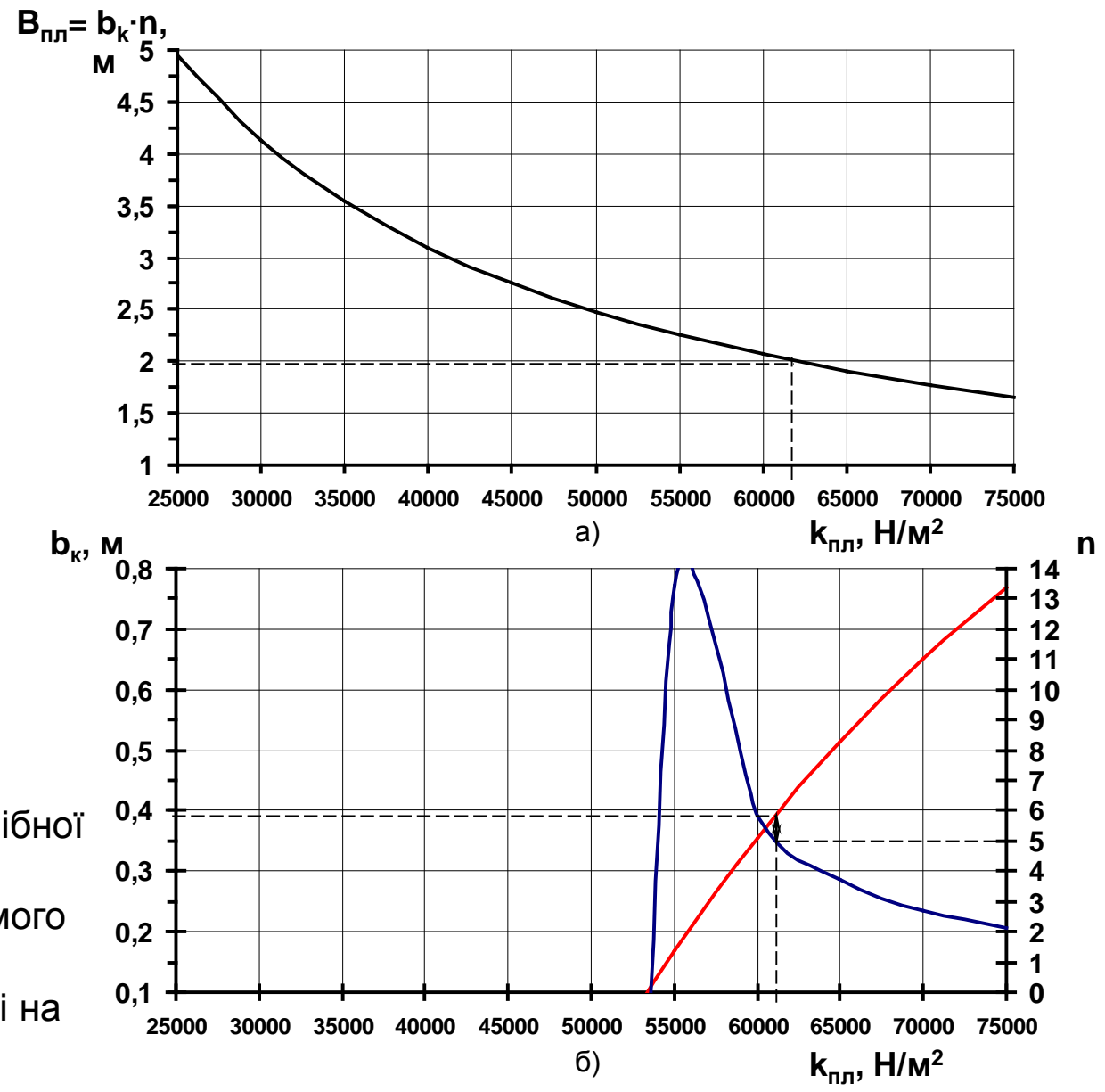
Поєднавши залежності (5) та (7) в одну систему рівнянь маємо

$$\begin{cases} b_x \cdot n = \frac{G_{\text{тр}} \cdot \varphi_{\text{кр}} \cdot \xi_p}{h \cdot k_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right]}; \\ b_x \cdot (n+1) = B_{\pi} + 2 \cdot A + b, \text{ якщо трактор рухається поза борозною} \\ b_x \cdot (n+1) = B_{\pi} - b, \text{ якщо трактор рухається в борозні} \end{cases} \quad (8)$$



В якості прикладу, визначимо для трактора ХТЗ-150К необхідну кількість корпусів плуга  $n$  та ширину його корпусів  $b_k$  в залежності від питомого тягового опору  $k_0$  за системою рівнянь (8). Вхідні параметри для розрахунку приймемо наступними:  $G_{тр} = 78,5$  кН;  $\phi_{кр.н} = 0,42$ ;  $V_d = 1,68$  м;  $A = 0,1$  м;  $b = 0,541$  м;  $h = 0,22$  м;  $V_p = 7,2$  км/год;  $\Delta c = 4\%$ ;  $\xi_p = 0,9$ . Результати розрахунків представимо на рис. 1.

Рис. 1 – Закономірності зміни ширини захвата плуга (а) і потрібної кількості корпусів  $n$  плуга та їх ширина захвата  $b_k$  (б) від питомого тягового опору  $k_{пл}$  при симетричному його навішуванні на ЗНМ трактора ХТЗ-150К



Але, з практичної точки зору, налаштування ЗНМ трактора при його агрегуванні з плугом може здійснюватися і з поперечним зміщенням останнього. Величина якого, звичайно, обмежена певним діапазоном як лівостороннього зміщення, так і правостороннього, т.б.  $e_{\Pi} \in [-e_{\Pi\min}; +e_{\Pi\max}]$ . Тому, для агрегування плуга із конкретним трактором необхідно вирішувати компромісну задачу, математична формалізація якої має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} b_{\kappa} \cdot n = \frac{G_{тр} \cdot \varphi_{крк} \cdot \xi_p}{h \cdot k_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right]}; \\ e_{\Pi} = [B_d + 2 \cdot A + b - b_{\kappa} \cdot (n+1)] / 2 \text{ або } e'_{\Pi} = [B_d - b - b_{\kappa} \cdot (n+1)] / 2, \\ W_0 = 0,1 \cdot n \cdot b_{\kappa} \cdot V_p \rightarrow \max, \\ b_{\kappa} \in [b_{\kappa\min}; b_{\kappa\max}]; \\ n \in [n_{\min}; n_{\max}]; \\ V_p \in [V_{p\min}; V_{p\max}]; \\ e_{\Pi} \in [-e_{\Pi\min}; +e_{\Pi\max}]. \end{array} \right. \quad (9)$$

З практичної точки зору при вирішенні вказаної задачі щодо раціонального агрегування ґрунних МТА із змінною шириною захвата корпусів плуга слід керуватися наступним алгоритмом.

1) Вхідними величинами є:  $G_{тр}$ , кН;  $\varphi_{кр.н}$ ;  $B_d$ , м;  $A$ , м;  $b$ , м;  $h$ , м;  $\Delta c$ , %;  $\xi_p$ ;  $[-e_{пmin}; +e_{пmax}]$ , м;  $[b_{кmin}; b_{кmax}]$ , м;  $[V_{рmin}; V_{рmax}]$ , км/год;  $k_0$ , кН/м<sup>2</sup>;  $n_{max}$ .

2) Виходячи із тягових властивостей трактора будується залежність ширини захвата корпусу плуга  $b_k$  від числа його корпусів  $n$  для інтервалу агротехнічних швидкостей руху плуга  $V_p \in [V_{рmin}; V_{рmax}]$  (рис. 2) за рівнянням:

$$b_k = \frac{G_{тр} \cdot \varphi_{кр.н} \cdot \xi_p}{n \cdot h \cdot k_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right]} \quad (10)$$

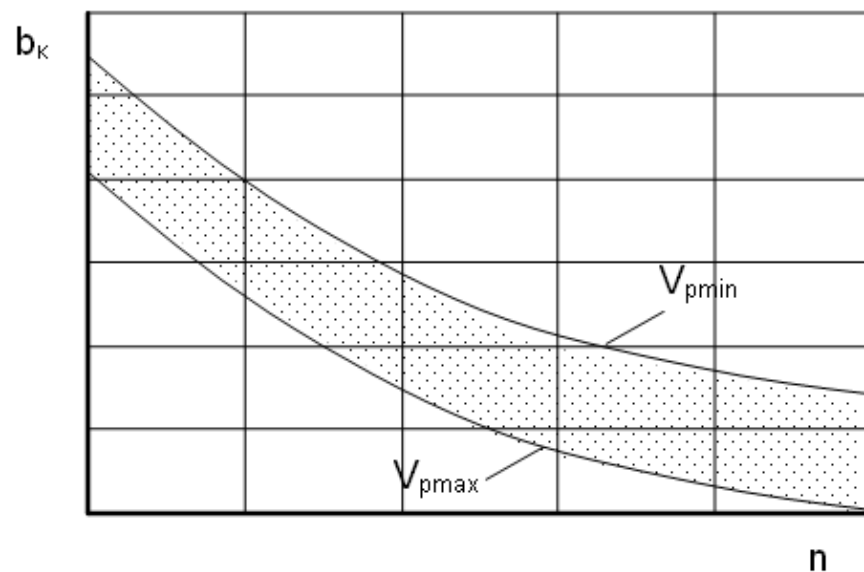


Рис. 2 - Залежність ширини захвата корпусу плуга  $b_k$  від числа його корпусів  $n$  для інтервалу агротехнічних швидкостей руху плуга  $V_p \in [V_{рmin}; V_{рmax}]$

3) На цьому ж графіку (рис. 2) будується залежність ширини захвата корпусу плуга  $b_k$  від числа його корпусів  $n$  для заданого діапазону його поперечного зміщення  $e_n \in [-e_{n\min}; +e_{n\max}]$  при навішуванні на ЗНМ трактора (рис. 3):

- при русі трактора поза борозною:

$$b_k = [B_n + 2 \cdot A + b - 2 \cdot e_n] / (n+1); \quad (11)$$

- при русі трактора в борозні:

$$b'_k = [B_n - b - 2 \cdot e_n] / (n+1). \quad (12)$$

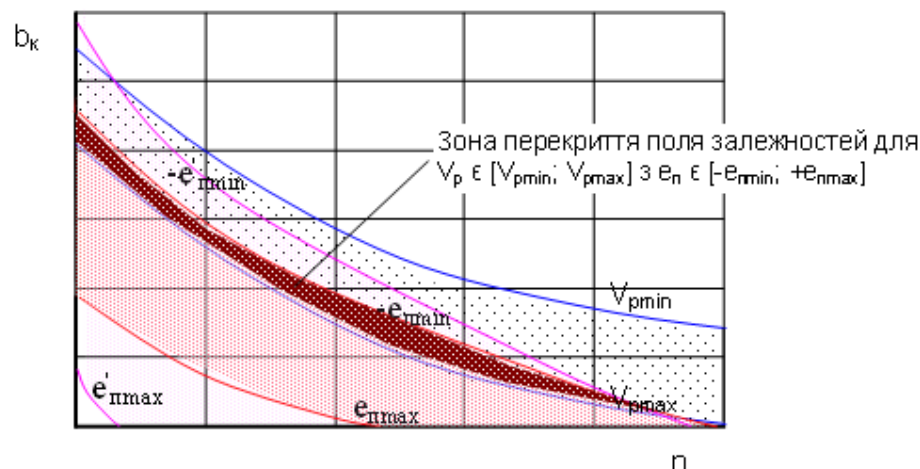


Рис. 3 - Залежність ширини захвата корпусу плуга  $b_k$  від числа його корпусів  $n$  для інтервалу агротехнічних швидкостей руху плуга  $V_p \in [V_{p\min}; V_{p\max}]$  та поперечного зміщення  $e_n \in [-e_{n\min}; +e_{n\max}]$

4) На побудованому графіку (рис. 3) визначається зона перекриття поля залежностей для  $V_p \in [V_{p\min}; V_{p\max}]$  з  $e_n \in [-e_{n\min}; +e_{n\max}]$ , яка є сумісним рішенням системи рівнянь (9). Визначається спосіб руху МТА (в борозні чи поза борозною), спосіб агрегування плуга (симетричний, асиметричний), схема налагодження ЗНМ (дво- чи три точкова).

5) На побудованому графіку (рис. 3) в зоні перекриття поля залежностей для  $V_p \in [V_{pmin}; V_{pmax}]$  з  $e_n \in [-e_{nmin}; +e_{nmax}]$  визначаються точки перехрестя значень ширини корпусу плуга з числом його корпусів: т.1 ( $n_3; b_{k3}$ ), т.2 ( $n_2; b_{k2}$ ), т.3 ( $n_1; b_{k1}$ ) і т.д. (рис. 4).

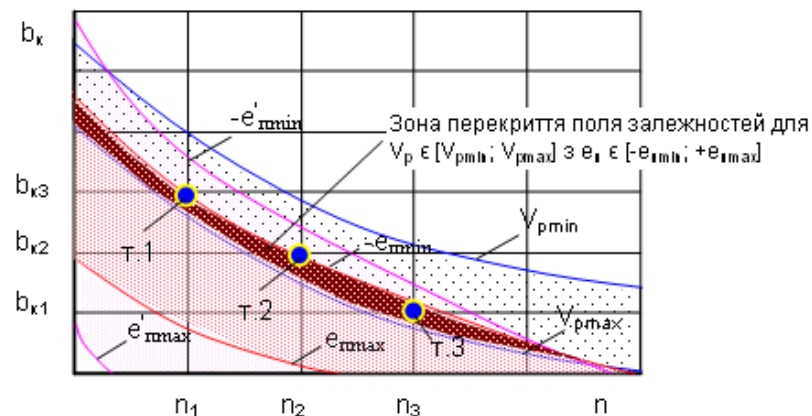


Рис. 4 – Визначення варіантів складу плуга за числом його корпусів  $n$  та шириною захвату  $b_k$

5) Для кожного з варіантів складу плуга обчислюється швидкість руху  $V_p$  за рівнянням:

$$V_p = \left[ \frac{G_{мр} \cdot Q_{рл} \cdot \xi_p}{b_k \cdot n \cdot h \cdot k_0} - 1 \right] \cdot \frac{100}{\Delta c} + V_0. \quad (13)$$

та розраховується основна продуктивність його роботи:

$$W_0 = 0,1 \cdot n \cdot b_k \cdot V_p. \quad (14)$$

9) За отриманими значеннями основної продуктивності  $W_0$  за (14) приймається остаточне рішення щодо ширини та числа корпусів плуга приймаючи до уваги схему налагодження ЗНМ.

10) За обраним варіантом складу плуга розраховується фактична величина поперечного його зміщення при навішуванні на ЗНМ трактора:

- при русі поза борозною:

$$e_n = [B_n + 2 \cdot A + b - b_k \cdot (n+1)]/2, \quad (15)$$

- при русі в борозні:

$$e'_n = [B_n - b - b_k \cdot (n+1)]/2. \quad (16)$$

## 2. Вплив схеми та параметрів орного МТА на характер зміни вертикальних реакцій на мостах енергетичного засобу.

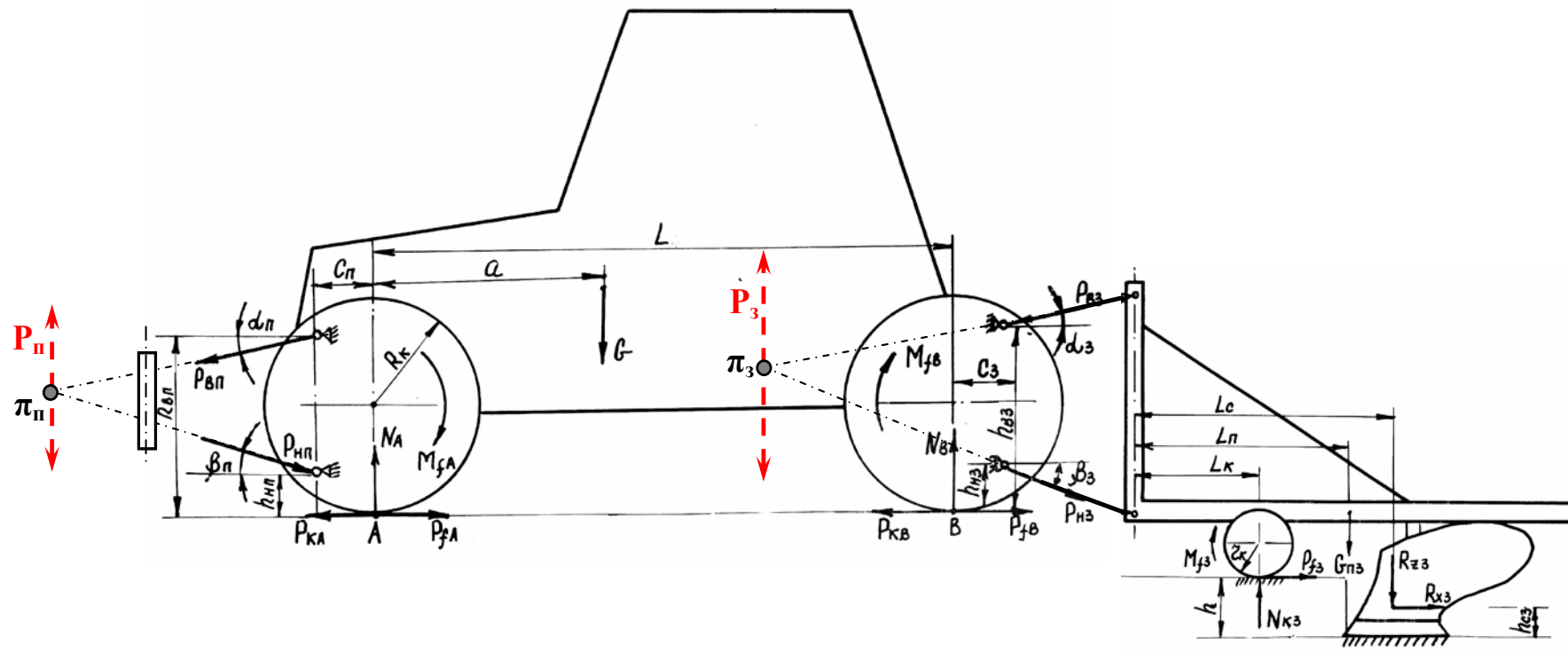
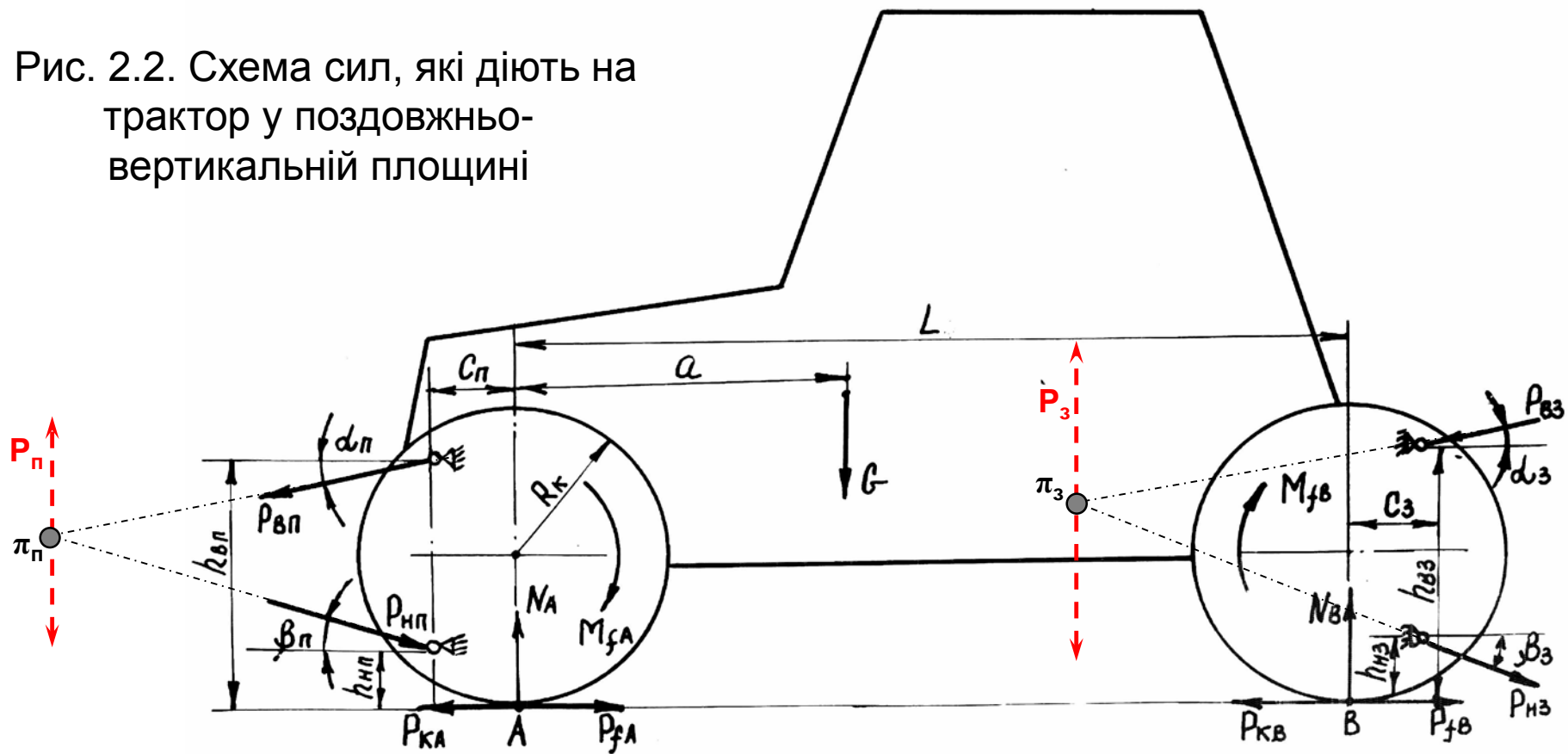


Рис. 2.1. Орний МТА , побудований за схемою «push-pull»

Рис. 2.2. Схема сил, які діють на трактор у поздовжньо-вертикальній площині



Для аналізу впливу схеми та параметрів орного МТА на характер зміни вертикальних реакцій на мостах енергетичного засобу складемо умови рівноваги трактора у поздовжньо – вертикальній площині. Замінивши зв'язки відповідними реакціями, встановлюємо, що збоку фронтального плуга на трактор діють направлена вздовж центральної тяги ПНМ сила  $P_{vp}$  та рівнодіюча сил, спрямованих вздовж нижніх тяг, -  $P_{np}$  і збоку заднього навісного плуга -  $P_{vz}$  і  $P_{nz}$  відповідно (рис.).

Для знаходження невідомих вертикальних реакцій на передніх ( $N_A$ ) та задніх ( $N_B$ ) колесах енергетичного засобу достатньо скласти дві системи рівнянь, в яких прирівняти нулю суму проєкцій усіх сил у вертикальній площині та суму моментів відносно, наприклад, точки А (рис.2.2).

В результаті маємо:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) N_A - G + N_B - P_{ВП} \cdot \sin \alpha_{П} - P_{НП} \cdot \sin \beta_{П} - P_{ВЗ} \cdot \sin \alpha_3 - P_{НЗ} \cdot \sin \beta_3 = 0; \\ 2) G \cdot a - P_{ВП} \cdot \cos \alpha_{П} \cdot h_{ВП} - P_{ВП} \cdot \sin \alpha_{П} \cdot c_{П} + P_{НП} \cdot \cos \beta_{П} \cdot h_{НП} - P_{НП} \cdot \sin \beta_{П} \cdot c_{П} - \\ - N_B \cdot L - P_{ВЗ} \cdot \cos \alpha_3 \cdot h_{ВЗ} + P_{ВЗ} \cdot \sin \alpha_3 \cdot c_3 + P_{НЗ} \cdot \cos \beta_3 \cdot h_{НЗ} + P_{НЗ} \cdot \sin \beta_3 \cdot c_3 + \\ + M_{fA} + M_{fB} = 0, \end{array} \right. \quad (2.1)$$

де  $G, a, L$  – сила ваги, поздовжня координата центру мас та база трактора відповідно;

$M_{fA}, M_{fB}$  – моменти опору кочення переднього та заднього мостів трактора відповідно;

$\alpha_{П}, \beta_{П}, \alpha_3, \beta_3, h_{ВП}, h_{НП}, h_{ВЗ}, h_{НЗ}, c_{П}, c_3$  – конструктивні параметри, природа яких зрозуміла із рис.2.2.

Моменти опору кочення мостів трактора знаходяться із виразів:

$$M_{fA} = f \cdot N_A \cdot R_k; \quad M_{fB} = f \cdot N_B \cdot R_k, \quad (2.2)$$

де  $R_k$  – радіус кочення коліс трактора.



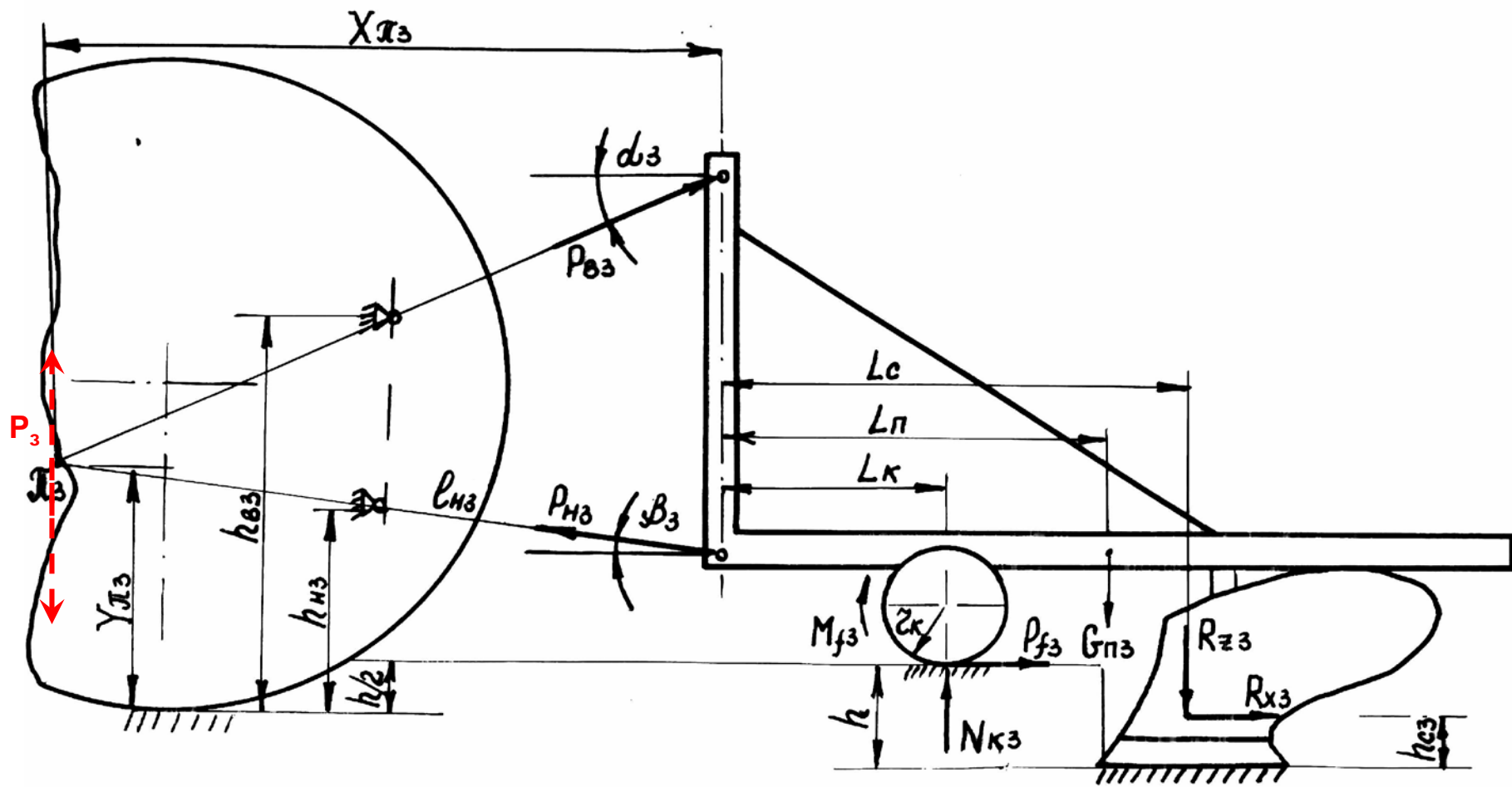


Рис.2.3. Схема сил, які діють на задній плуг

В системі сил, представлених на рис.2.3, невідомими є реакції в тягах заднього навісного механізму (ЗНМ) трактора  $P_{вз}$  і  $P_{нз}$  та вертикальна реакція на опорному колесі плуга  $N_{кз}$ . Для їх визначення достатньо трьох наступних рівнянь:

$$\begin{cases} P_{вз} \cdot \cos\alpha_3 - P_{нз} \cdot \cos\beta_3 + P_{фз} + R_{хз} = 0; \\ P_{вз} \cdot \sin\alpha_3 + P_{нз} \cdot \sin\beta_3 + N_{кз} - R_{зз} - G_{пз} = 0; \\ G_{пз} \cdot (L_{п} + X_{пз}) - N_{кз} \cdot (L_{к} + X_{пз}) - P_{фз} \cdot (Y_{пз} - h/2) - \\ - R_{хз} \cdot (Y_{пз} + h/2 - h_{cz}) + R_{зз} \cdot (L_c + X_{пз}) + M_{фз} = 0. \end{cases} \quad (2.3)$$

В приведеній системі (2.3) прийняти такі позначення:

$P_{фз}$ ,  $M_{фз}$  – сила та момент опору кочення опорного колеса плуга;

$R_{хз}$ ,  $R_{зз}$  – горизонтальна та вертикальна складові тягового опору плуга;

$G_{пз}$  – сила ваги знаряддя;

$h$  – глибина оранки;

$L_{п}$ ,  $X_{пз}$ ,  $L_{к}$ ,  $X_{пз}$ ,  $Y_{пз}$ ,  $h$ ,  $h_{cz}$ ,  $L_c$  – параметри, природа яких зрозуміла із рис.2.

Враховуючи, що  $P_{фз} = f \cdot N_{кз}$ ;

$$M_{фз} = f \cdot N_{кз} \cdot r_{к};$$

$$R_{зз} = 0,2 \cdot R_{хз};$$

$$h_{cz} = h/2,$$

вихідну систему рівнянь (2.3) після відповідних перетворень остаточно можна представити в наступному вигляді:

$$\begin{cases}
 1) P_{вз} \cdot \cos \alpha_3 - P_{нз} \cdot \cos \beta_3 + f \cdot N_{кз} + R_{xz} = 0; \\
 2) P_{вз} \cdot \sin \alpha_3 + P_{нз} \cdot \sin \beta_3 + N_{кз} - 0,2 \cdot R_{xz} - G_{пз} = 0; \\
 3) G_{пз} \cdot (L_{п} + X_{пз}) - N_{кз} \cdot [L_{к} + X_{пз} - f \cdot (Y_{пз} - h/2 - r_{к})] - \\
 \quad - R_{xz} \cdot [Y_{пз} - 0,2 \cdot (L_{с} + X_{пз})] = 0; \\
 4) X_{пз} = h_{вз} - h_{нз} + l_{нз} \cdot (\operatorname{tg} \alpha_3 \cdot \cos \beta_3 + \sin \beta_3) / (\operatorname{tg} \alpha_3 + \operatorname{tg} \beta_3); \\
 5) Y_{пз} = X_{пз} \cdot \operatorname{tg} \beta_3 + h_{нз} - l_{нз} \cdot \sin \beta_3; \\
 6) R_{xz} = k_0 \cdot B_{пз} \cdot h,
 \end{cases} \quad (2.4)$$

де  $r_{к}$  – радіус опорного колеса плуга;

$l_{нз}$  – проекція на поздовжньо-вертикальну площину довжини нижніх тяг ЗНМ трактора;

$h_{вз}, h_{нз}$  – вертикальні координати точок приєднання до трактора центральної і нижніх тяг його заднього навісного механізму;

$X_{пз}, Y_{пз}$  – горизонтальна та вертикальна координати миттєвого центру повороту ЗНМ трактора;

$k_0$  – коефіцієнт питомого опору плуга;

$B_{пз}$  – робоча ширина захвату знаряддя.

Кути нахилу нижніх ( $\beta_3$ ) та центральної ( $\alpha_3$ ) тяг заднього навісного механізму трактора знаходили із залежностей:

$$\beta_3 = \arcsin[(h_{нз} - l_0 + h/2)/l_{нз}], \quad (2.5)$$

$$\alpha_3 = \operatorname{arctg}[l_0 - h_{вз} - h/2 + S_3]/l_{нз} \cdot \cos \beta_3, \quad (2.6)$$

де  $l_0$  – відстань від опорної поверхні плуга до точки приєднання до нього нижніх тяг ЗНМ трактора.

$S_3$  – висота стояка приєднувального трикутника заднього плуга.

В якості прикладу, розрахунки системи рівнянь (2.4) проводили при наступних значинах параметрів:  $f = 0,1$ ;  $r_k = 0,23$  м;  $h_{вз} = 1,27$  м;  $h_{нз} = 0,61$  м;  $l_{нз} = 0,82$  м;  $k_0 = 70$  кН/м<sup>2</sup>;  $l_0 = 0,62$  м;  $S_3 = 0,87$  м;  $h = 0,22...0,30$  м;  $V_{пз} = 1,75 (1,05)^1$  м;  $L_{п} = 2,0 (1,0)$  м;  $L_k = 1,25 (0,5)$  м;  $L_c = 2,0 (1,0)$  м;  $G_{пз} = 7,85 (4,36)$  кН.

Аналіз отриманих результатів показує (табл.2.1), що при збільшенні глибини оранки п'ятикорпусним плугом з 0,22 до 0,30 м, кут  $\alpha_3$  має тенденцію до зменшення, в  $\beta_3$  - до збільшення. Сила, яка діє при цьому в центральній тязі ЗНМ трактора, зменшується на 21%, а сумарна сила в нижніх тягах зростає приблизно на таку ж величину.

Таблиця 2.1 - Результати розрахунку системи рівнянь (2.4)

h, м	$\alpha_3$ , град.	$\beta_3$ , град	ПЛН-5-35		ПЛН-3-35	
			Рвз, кН	Рнз, кН	Рвз, кН	Рнз, кН
0,22	8,1	7,7	3,8	31,8	5,4	22,1
0,25	7,1	8,8	3,0	34,8	6,0	25,0
0,27	6,4	9,5	2,3	36,6	6,2	26,7
0,30	5,3	10,5	0,8	39,0	6,4	29,2

**Висновок.** Заглиблення трьохкорпусного плуга приводить до збільшення як сили Рвз (на 18,5%), так і сумарної сили Рнз (на 32,1%).

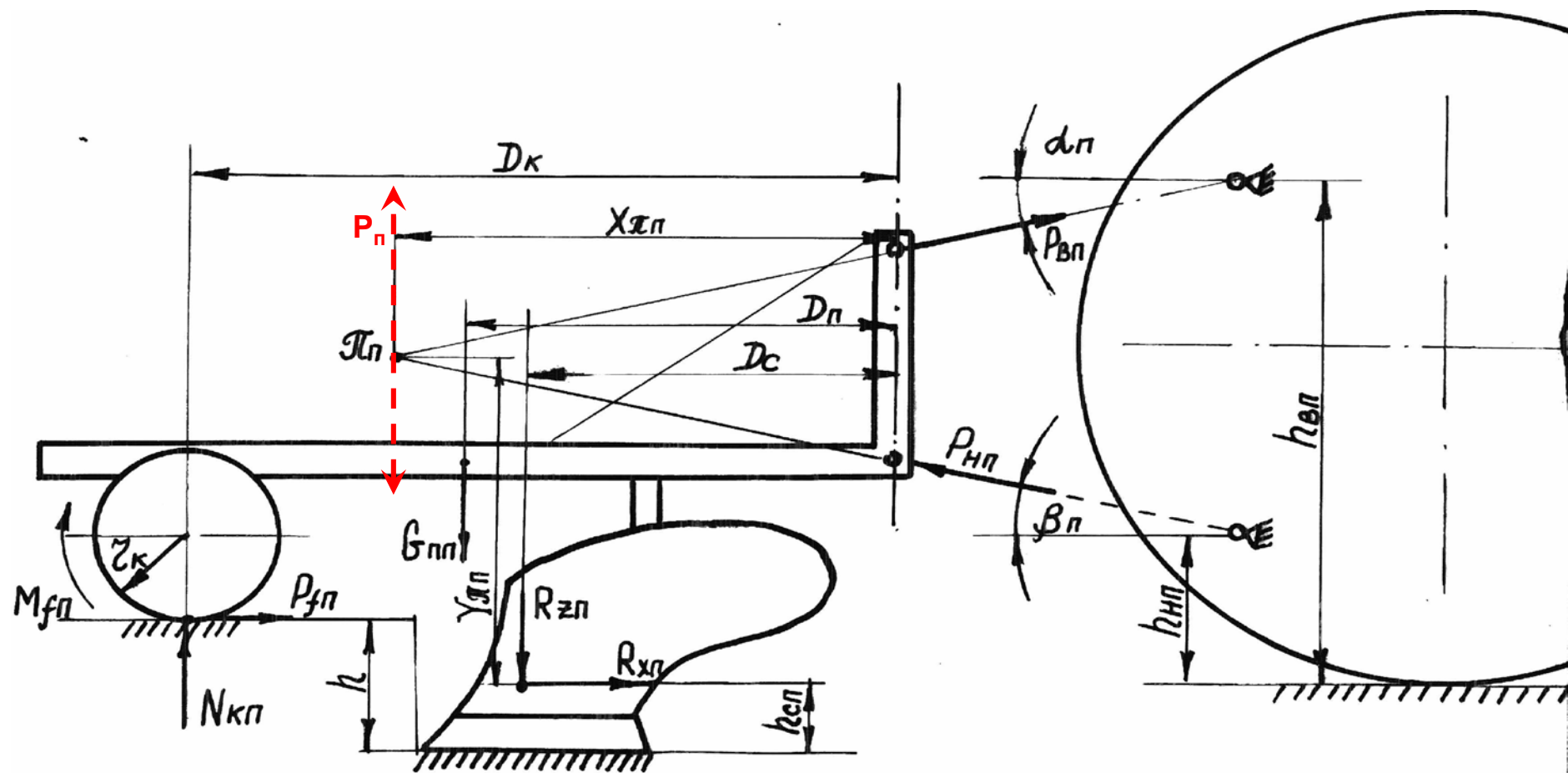


Рис.2.4. Схема сил, які діють на фронтальний плуг

По аналогії із заднім плугом умови, рівноваги фронтального знаряддя (рис.2.4) можна записати наступним чином:

$$\begin{cases}
 1) R_{ВП} \cdot \cos \alpha_{\pi} - R_{НП} \cdot \cos \beta_{\pi} + f \cdot N_{КП} + R_{ХП} = 0; \\
 2) R_{ВП} \cdot \sin \alpha_{\pi} + R_{НП} \cdot \sin \beta_{\pi} + N_{КП} - 0,2 \cdot R_{ХП} - G_{ПП} = 0; \\
 3) G_{ПП} \cdot (X_{ПП} - D_{\pi}) + N_{КП} \cdot [D_{К} - X_{ПП} - f \cdot (Y_{ПП} - h/2 - r_{к})] - \\
 \quad - R_{ХП} \cdot [Y_{ПП} - 0,2 \cdot (X_{ПП} - D_{с})] = 0; \\
 4) X_{ПП} = h_{ВП} - h_{НП} - l_{НП} \cdot (\operatorname{tg} \alpha_{\pi} \cdot \cos \beta_{\pi} + \sin \beta_{\pi}) / (\operatorname{tg} \alpha_{\pi} + \operatorname{tg} \beta_{\pi}); \\
 5) Y_{ПП} = X_{ПП} \cdot \operatorname{tg} \beta_{\pi} + h_{НП} + l_{НП} \cdot \sin \beta_{\pi}; \\
 6) R_{ХП} = k_{\circ} \cdot V_{ПП} \cdot h,
 \end{cases} \quad (2.7)$$

Величина кута  $\beta_{\pi}$  залежить від прийнятих значини конструктивних параметрів  $l_{\circ}$  і  $h_{НП}$ , а також глибини оранки  $h$  (див. рис.2.4). По аналогії із заднім плугом:

$$\beta_{\pi} = \arcsin[(h_{НП} - l_{\circ} + h/2) / l_{НП}]. \quad (2.8)$$

В якості прикладу розглянемо вплив схеми та параметрів орного МТА на характер зміни вертикальних реакцій на мостах трактора ХТЗ-160. В стаціонарному положенні сила ваги трактора ХТЗ-160 (81 кН) розподіляється так, що на передній його міст припадає 51 кН (63%), а на задній - 30 кН (37%).

Рішення системи (2.10) показує, що агрегування даного енергетичного засобу із задньонавісним плугом ПЛН-5-35 на 8,6...9,6% розвантажує його передній і на 25,6...36,3% довантажує задній мости. Зростання зчіпної сили ваги трактора складає при цьому 3,3...6,0 кН. Інтенсивність зменшення вертикальної реакції на передніх колесах трактора при зміні глибини оранки з 0,22 до 0,30 м набагато менша, ніж її (реакції) збільшення на задніх рушійх (табл.2.2).

Таблиця 2.2 - Вертикальні реакції на передньому ( $N_A$ ) та задньому ( $N_B$ ) мостах трактора

h, м	$N_A$ , кН	$N_B$ , кН	Довантаження, кН
0,22	46,5	37,7	3,2
0,25	46,4	38,8	4,2
0,27	46,3	39,7	5,0
0,30	46,2	40,8	6,0

В разі агрегування енергетичного засобу з двохкорпусним фронтальним та трьохкорпусним заднім плугами (схема: 2 + 3) установлення нижніх тяг ПНМ під від'ємним кутом приводить до розвантаження передніх коліс трактора (рис.2.5). В той же час, при постійній значині кута  $\beta_{\text{п}} = 2^\circ$  довантаження переднього мосту енергетичного засобу має місце лише для другого та третього варіантів налагодження його переднього навісного механізму.

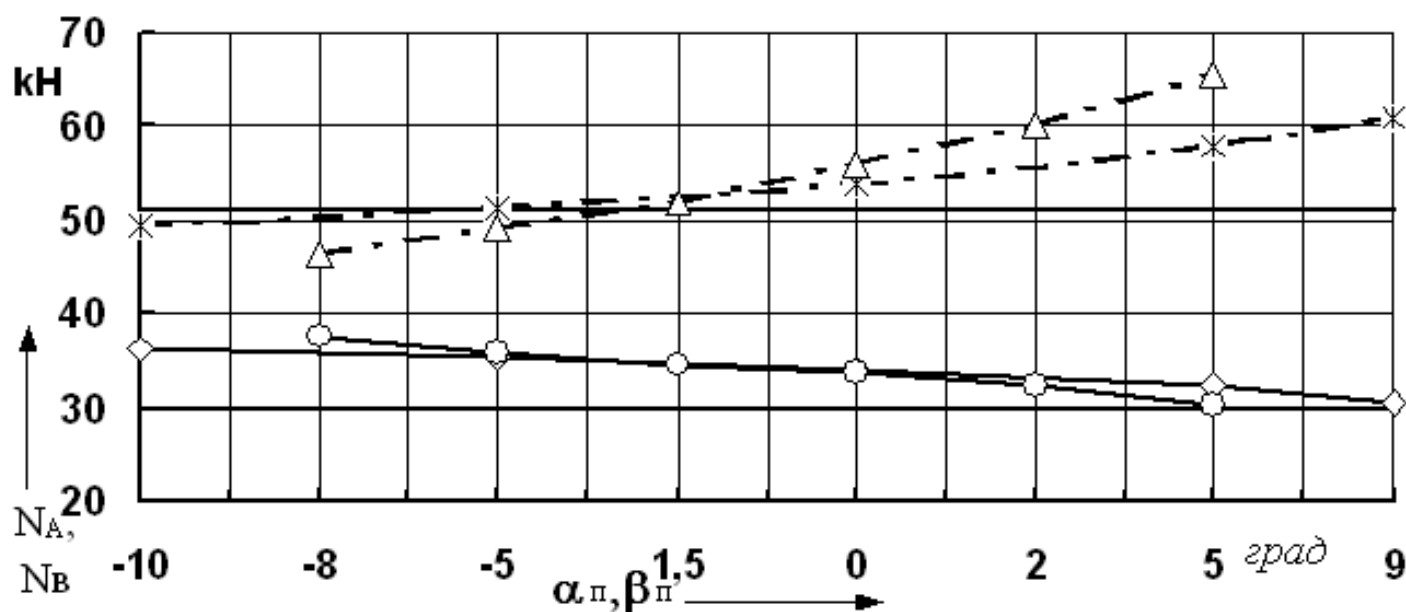


Рис.2.5 – Залежність вертикальних реакцій на передніх (- · - · -) та задніх (—) мостах трактора ХТЗ-160:  
 $\times, \diamond$  -  $\beta_{\text{п}} = \text{const} = 2^\circ$ ;  $\Delta, \circ$  -  $\alpha_{\text{п}} = \text{const} = 5^\circ$



### 6.3 Збільшення тягово-зчіпних властивостей тракторів шляхом використання довантажувачів ведучих коліс

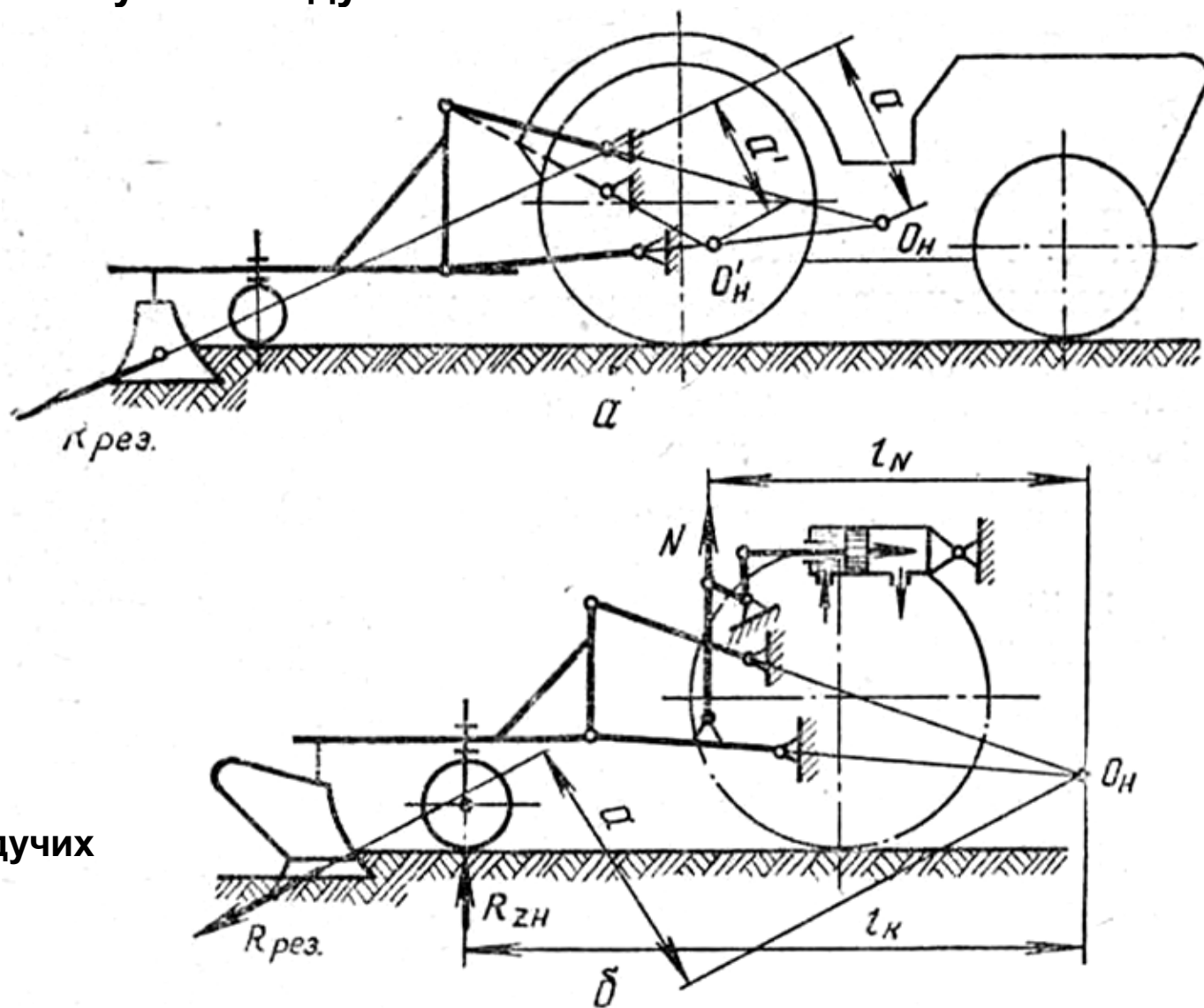
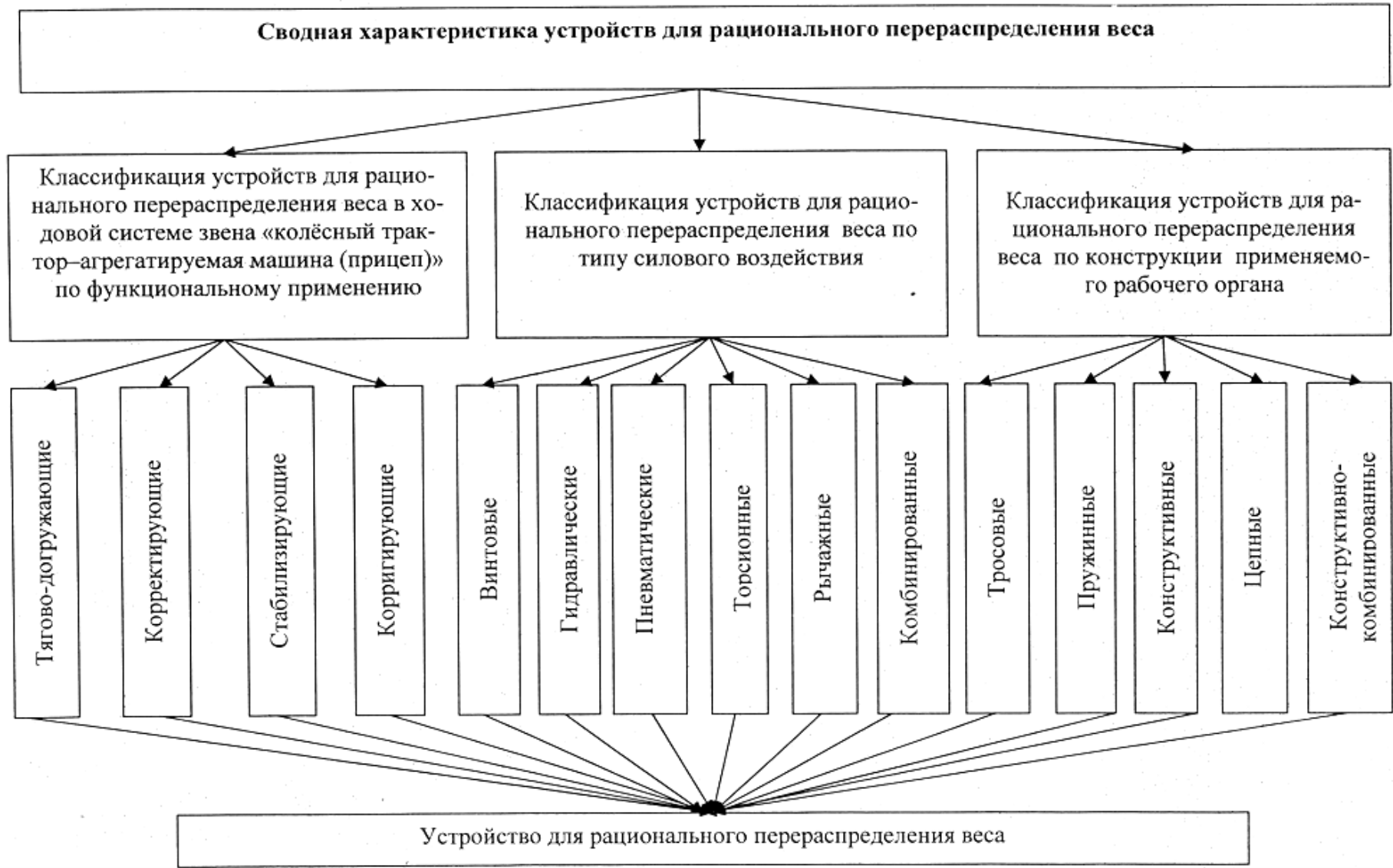


Рис. Схема дії механічного (а) і гідравлічного (б) довантажувача ведучих коліс трактора

Таблиця – Тягово-зчіпні показники роботи трактора Т-150К, обладнаного ГЗВ (за даними к.т.н. Ю. Ніконова)

Почвенний фон	Глибина вспашки, см	Режим роботи	Давлення підпора, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Реакція на оворное колесо плуга, кН (кгс)	Догрузка трактора, кН (кгс)	Буксування, %	Робоча швидкість трактора, км/ч
Залежь	27	ГЗВ вимкнений	—	9,5 (950)	—	10,4	8,15
»	»	ГЗВ увімкнений	1,5 (15)	5,35 (535)	4,15 (415)	7,9	8,45
»	»	ГЗВ увімкнений	2,9 (29)	2,82 (282)	6,68 (668)	5,5	8,5
»	32...33	ГЗВ вимкнений	—	10,75 (1075)	—	15,7	7,38
»	»	ГЗВ увімкнений	1,4 (14)	7,3 (730)	3,45 (345)	13,1	7,68
»	»	ГЗВ увімкнений	2,9 (29)	3,7 (370)	7,0 (705)	10,4	8,13
Поле із-под картофеля	25...27	ГЗВ вимкнений	—	6,97 (697)	—	10,3	8,1
»	»	ГЗВ увімкнений	1,2 (12)	4,3 (430)	2,67 (267)	6,6	8,52
»	»	ГЗВ увімкнений	2,2 (22)	1,82 (182)	5,15 (515)	4,5	8,82
»	»	ГЗВ увімкнений	2,9 (29)	0,55 (55)	6,42 (642)	3,6	9,0
»	30...32	ГЗВ вимкнений	—	8,1 (810)	—	13,5	7,82
»	»	ГЗВ увімкнений	1,4 (14)	4,7 (470)	3,4 (340)	7,4	8,48
»	»	ГЗВ увімкнений	2,4 (24)	2,42 (242)	6,25 (625)	4,9	8,8
»	»	ГЗВ увімкнений	2,9 (29)	1,08 (108)	7,02 (702)	3,85	8,95

## Зведена класифікація пристроїв для раціонального перерозподілу зчпної ваги тракторів



## Зведена класифікація пристроїв для раціонального перерозподілу зчпної ваги тракторів



## ***Контрольні питання до ПМК.***

1. Як розраховується тяговий опір плуга за відомим значенням величини питомого тягового опору?
2. Що розуміють під коефіцієнтом використання номінального тягового зусилля трактора та яка його величина на оранці?
3. Як змінюється питомий тяговий опір плуга при зміні швидкості руху орного МТА?
4. Що розуміють під темпом зростання питомого тягового опору плуга та яка його величина на оранці?
5. Яке номінальне тягове зусилля може розвивати трактор за умови достатнього зчеплення його рушіїв з ґрунтом?
6. Як визначити ширину захвату плуга за тяговими властивостями трактора?
7. Як визначити необхідну ширину захвату корпусу плуга за певних умов налаштування заднього навісного механізму трактора?
8. Критерії раціонального агрегування орних МТА.
9. Методика визначення кількості корпусів плуга та ширини захвата за критеріями реалізації тягового зусилля трактора та способу налаштування його навісного механізму.
10. Як розраховується основна продуктивність роботи орного МТА?
11. За яких параметрів орного МТА змінюються вертикальні реакції на мостах енергетичного засобу та яким чином?
12. Як змінюються вертикальні реакції на передньому та задньому мостах трактора при його агрегуванні із задньонавісним плугом?
13. Як змінюються вертикальні реакції на передньому та задньому мостах трактора при його агрегуванні із фронтальним плугом при зміні кутів нахилу тяг ПНМ трактора?