

УДК-624.123

 Ю.П. Пристайло, канд. техн. наук, доцент,
 А.В. Фомін, канд. техн. наук, професор

КІНЕМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗАСІБ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ РОЗПУШНИКІВ

Рух різання ґрунту у розпушника складається з руху тягача $\bar{V}_T$ і руху вертикального переміщення $\bar{V}_B$ зуба відносно тягача. Останнє може бути зворотно-поступальним, якщо розпушник закріплено паралелограмно на тягачі або по колу, якщо закріплення розпушника трьохточкове. Найбільше розповсюдження набули розпушники з паралелограмним приєднанням робочого органу до тягача (рис. 1, [1]).

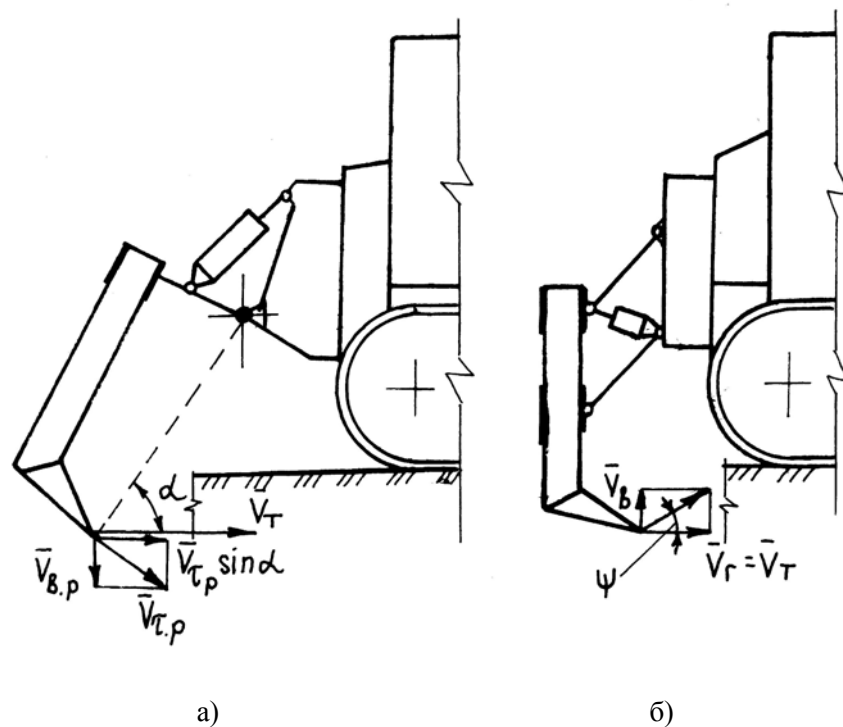


Рис. 1. Схема руху зуба розпушника:
 а – трьохточкова підвіска; б – паралелограмна підвіска

Для умов горизонтального переміщення зуба розпушника коли $\bar{V}_B = 0$, швидкість руху розпушника $\bar{V}_T = \bar{V}_T$. Для умов занурення (винурення) зуба у масив на ходу машини ($\bar{V}_B > 0$, $\bar{V}_T > 0$) траєкторія і швидкість руху різання суттєво залежить від співвідношення швидкості вертикального переміщення $\bar{V}_B$ зуба і швидкості руху тягача $\bar{V}_T$. Для програмного забезпечення керуванням процесом різання краще буде ввести в систему величину кута відхилення ψ траєкторії різання від траєкторії тягача

$$\psi = \arctg \frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_T}. \quad (1)$$

Для розпушника з трьохточковою навіскою швидкість вертикального переміщення ріжучої кромки наконечника зуба

$$\bar{V}_B = \bar{V}_{B.p} = \bar{V}_{T.p} \cdot \cos \alpha,$$

а її горизонтальна складова

$$\bar{V}_\Gamma = \bar{V}_T = \bar{V}_{\tau,p} \cdot \sin \alpha,$$

де $\bar{V}_{\tau,p}$ – колова швидкість ріжучої кромки (леза зуба); α – кут між траєкторією тягача і лінією, що з'єднує лезо зуба з центром повороту навіски (рис. 1).

Величина кута ψ суттєво впливає на величину кута різання δ у зуба (точніше, у наконечника зуба розпушника), розрахункова величина якого дорівнює куту між передньою гранню наконечника і дотичною до траєкторії руху тягача. Якщо немає вертикального переміщення зуба відносно тягача, то кут різання у наконечника розпушника $\delta = \delta_n$; для умов занурення (винурення) на ходу машини величина кута різання

$$\delta = \delta_n + \psi = \delta_n + \arctg \frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_\Gamma}, \quad (2)$$

де δ_n – попередньо встановлена величина кута різання

При заданій величині розрахункового кута різання δ_n графік функції $\delta \left(\frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_\Gamma} \right)$ характеризується кривою типу змщеної вздовж ординати на величину δ_n зворотної тангенсоїди (рис. 2, криві II і III). При значеннях $\bar{V}_\Gamma \rightarrow 0$ і $\bar{V}_B > 0$ (положення підриву шару ґрунту в масиві) кут різання прямує до величини $\delta_n + \frac{\pi}{2}$, а якщо $\bar{V}_\Gamma \rightarrow 0$ і $\bar{V}_B < 0$ (положення "виважування" машини на зубі розпушника), то кут різання прямує до величини $\delta_n - \frac{\pi}{2}$.

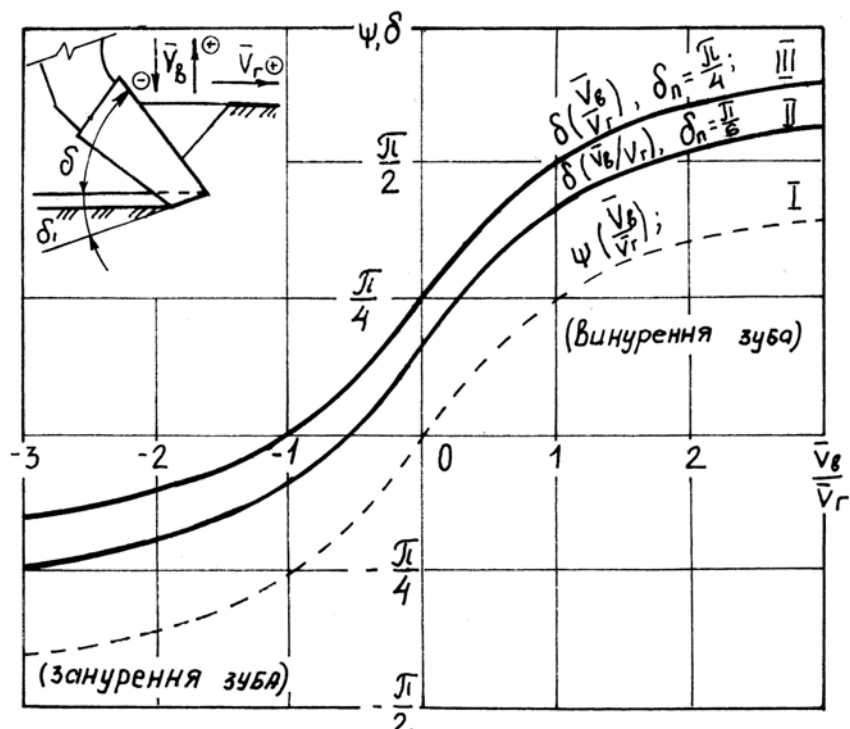


Рис. 2. Залежності кута ψ відхилення траєкторії різання від траєкторії руху (I) і кута різання δ від співвідношення $\bar{V}_B / \bar{V}_\Gamma$ при значеннях початкового кута

$$\text{різання } \delta_n = \frac{\pi}{6} \text{ (II) і } \delta_n = \frac{\pi}{4} \text{ (III)}$$



При позитивних значеннях відношення $\frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_\Gamma}$ величина кута різання позитивна і знаходиться в інтервалі величин $\delta_n \div \left(\delta_n + \frac{\pi}{2}\right)$. Ця кінематична особливість розпушника дозволяє визначити мінімальну швидкість $\bar{V}_{Bmin}$ підйому розпушника (при заданій швидкості руху тягача $|\bar{V}_\Gamma|$) для того, аби при цьому виключити взаємодію з ґрунтом площадки зносу наконечника. Величина $\bar{V}_{Bmin}$ знаходиться з рівняння

$$\delta_1 = \arctg \frac{\bar{V}_{Bmin}}{|\bar{V}_\Gamma|}, \quad (3)$$

звідки

$$\bar{V}_{Bmin} = \bar{V}_\Gamma \cdot \tg \delta_1, \quad (4)$$

де δ_1 – величина кута нахилу площадки зносу у наконечника до траєкторії руху тягача.

Від’ємне значення відношення $\frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_\Gamma} \left(\frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_\Gamma} < 0 \right)$ характеризує заглиблення зуба розпушника у масив і при куті різання $\delta = \left(\delta_n + \arctg \frac{-\bar{V}_B}{\bar{V}_\Gamma} \right) > 0$ передня грань наконечника ріже масив, а при куті різання $\delta = \left(\delta_n + \arctg \frac{-\bar{V}_B}{\bar{V}_\Gamma} \right) < 0$ наконечник деформує масив як штамп (без відділення ґрунтової стружки).

При куті різання $\delta = \delta_n + |\delta_1| - \frac{\pi}{2} = 0$ траєкторія різання перпендикулярна поверхні площадки зносу (при припущенні існування плоскої зношеної поверхні). Максимально припустима швидкість занурення зуба розпушника $\bar{V}_{Bmax}$ (при перебільшенні якої машина буде виважуватись на зубі) визначається за рівнянням

$$\delta_n + |\delta_1| - \frac{\pi}{2} = \delta_n + \arctg \frac{\bar{V}_{Bmax}}{\bar{V}_\Gamma}, \quad (5)$$

$$\bar{V}_{Bmax} = |\bar{V}_\Gamma| \tg \left(|\delta_1| - \frac{\pi}{2} \right). \quad (6)$$

Швидкість занурення $\bar{V}_{Bmax(piz)}$, при якій припиняється руйнування ґрунту передньою гранню наконечника, знайдемо, попередньо порівнявши кут різання δ з нулем

$$\delta_n - \arctg \frac{\bar{V}_{Bmax(piz)}}{\bar{V}_\Gamma} = 0, \quad (7)$$

$$\bar{V}_{Bmax(piz)} = -\bar{V}_\Gamma \tg \delta_n.$$

Призначивши глибину розпушення h легко визначити найкоротший шлях машини для винурення наконечника з масиву.

$$l_{ВИН min} \leq h \frac{\bar{V}_\Gamma}{|\bar{V}_{Bmin}|}, \quad (8)$$

де $l_{ВИН min}$ – шлях переміщення тягача для винурення наконечника з масиву за умовами виключення площадки зносу наконечника з процесу різання ґрунту при заданій швидкості $|\bar{V}_{Bmin}|$ руху тягача.

Означені особливості процесу були враховані при розробці командно-керуючого елемента САКу (система автоматичного керування) для розпушника. Гідравлічна схема

розпушника (рис. 3), була розроблена раніше [2, 4]. Вона включає у себе чотирьохлінійний трьохпозиційний розподільник Іа (розподільник 4/3 з ручним керуванням) для керування гідроциліндрами 2, що змінюють кут різання δ та розподільник Іб, що змінює глибину розпушення h (керуючи гідроциліндрами 1). В схему включено також трьохсекційний диференціальний розподільник ІІ для керування гідроциліндрами 3, що змінюють поворот зуба 4 відносно касети 5 (вплив на загальний кут різання δ у наконечника 6). У розподільника ІІ секція ІІа призначена для установки режиму керування "ручне" або "автоматичне" (на схемі показано положення "ручне"), секція ІІб для ручного керування (нормальне положення – "нейтральне"), секція ІІв – для автоматичного керування гідроциліндрами 3 (нормальне положення секції – "зворотне"). В секції ІІв зміна позицій роботи за допомогою електромагніту (робочий рух) і пружини (у початкове положення). Електромагніт з'єднано через реле включення у електричну мережу секції ІІа. Реле спрацьовує, коли секції розподільника ІІа вмикаються в положення подачі робочої рідини у поршневі порожнини гідроциліндрів 1.

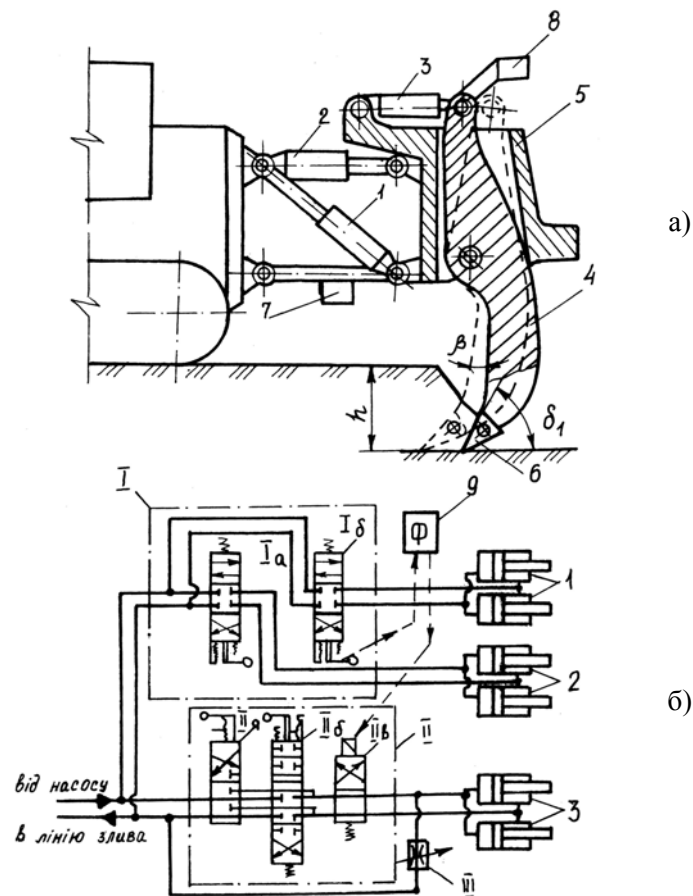


Рис. 3. Конструктивна схема (а) і гідравлічна схема приводу (б) розпушника

Керуючи гідроциліндрами 1 і 2 машиніст змінює положення зуба відносно бази тягача тільки перед початком розпушення ґрунту або при виглибленні зуба в процесі розпушення. Для зміни положення зуба при зануренні можна керувати або гідроциліндрами 1 і 2, або гідроциліндрами 1 і 3. Одночасно керування гідроциліндрами 1, 2 і 3 вручну практично неможливе. Задача спрощується при автоматичному режимі керування гідроциліндрами 3 в залежності від зміни глибини розпушення h : машиністу достатньо перевести секцію ІІа розподільника ІІ в положення "автоматичне".

Поворот зуба 4, а разом з ним і поворот наконечника 6, може бути незалежним від швидкості тягача, тоді регулювання дроселя ІІІ буде постійним, або залежним від

швидкості тягача, тоді керування дроселем буде залежним і машина працюватиме в режимі повної автоматизації за допомогою системи автоматичного керування (САК) 9.

Блок-схема автоматичної системи керування показана на рис. 4 (читати разом з рис. 3). Система має: силовий блок С.Б., в який входять двигун (Дв.) та гідропривод (г.п.) машини; блок (Б.К.) керування гідроциліндрами 3 і секцією Пв диференціального розподільника П, а також датчики кутів повороту (7) та (8); командний задатчик (Зд) та блок САКу ($H(\Phi)$).

До блоку $H(\Phi)$ входять мікропроцесорні пристрої, які порівнюють сигнали від датчиків кутів повороту ДКП 7 та 8 і розподільників 1 та 2, зрівнюють їх з сигналами програмного задатчика ($Pr=f(\Phi)$) та виробляють керуючі сигнали, які, після підсилення, подаються на розподільник Пв блоку Б.К. Блок $H(\Phi)$ також переробляє інформацію від гідроприводу і керує роботою двигуна.

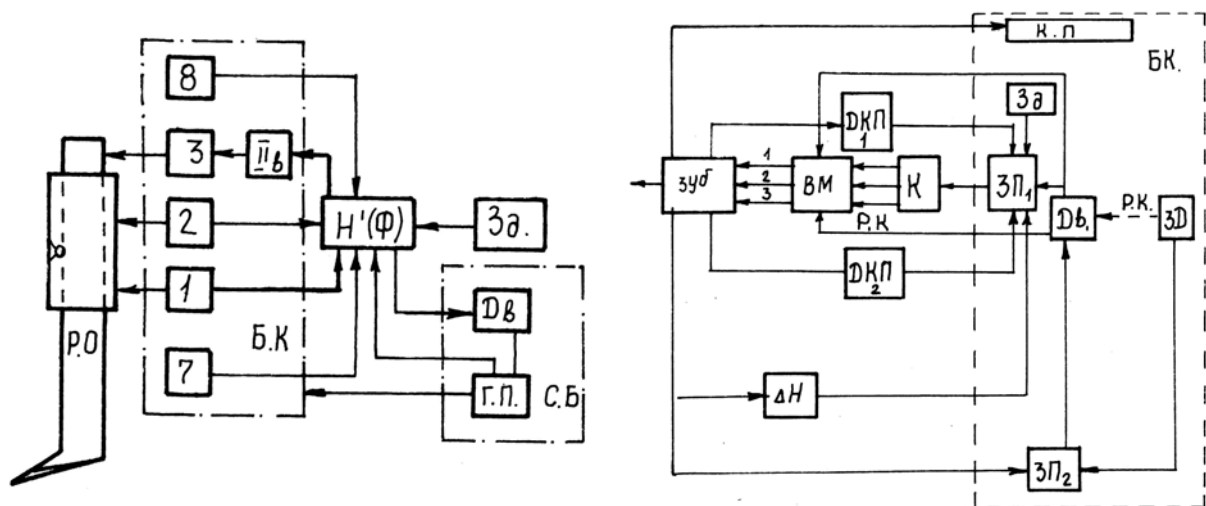


Рис. 4. Блок-схема автоматичного керування розпушником

Автоматична система може бути налагоджена на забезпечення необхідної глибини h , оптимальне значення кута різання δ_1 та найкоротший шлях винурення $l_{\text{вин min}}$, залежно від завданих кінематичних параметрів $\bar{V}_r$ та $\bar{V}_b$ розпушника.

Використання САКу сприятиме полегшенню праці оператора та збільшенню продуктивності розпушника взагалі.

Література

1. Ветров Ю.А., Кархов А.А., Кондра А.С., Станевский В.П. Машины для земляных работ. – К.: Вища школа, 1981. – 326 с.
2. Пристайло Ю.П., Фомин А.В., Пелевин Л.Е. Устройство для снижения усилий заглубления зуба рыхлителя // Горн., строит., дорож. и мелиор. маш. науч.-техн. сб. – 1987. – Вып.40. – С.3–6.
3. Автоматика и автоматизация производственных процессов. Под общей редакцией проф. Нечаева Г.К. – К.: Вища школа, 1985. – 215 с.
4. А.С. 840264 СССР, МКИ³Е. 02F 9/28. Рыхлитель.