

Про вплив ряду факторів на зусилля, необхідного для занурення в ґрунт голки голкової борони

У статті розглянуто вплив факторів на зусилля, необхідного для занурення у ґрунт голки голкової борони.

Ключові слова: голкова борона, ґрунт, голка, коефіцієнт, зім'яття, твердість, сила, опір, плунжер, глибина занурення.

Суть проблеми. Для обробки ґрунту широко застосовують голкові борони. Низку питань стосовно роботи цих борін досліджено [1, 2, 3, 5], однак опір ґрунту заглибленню в нього голок досліджено недостатньо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню цього питання присвячено чимало робіт [1, 2, 3, 4, 5], однак ще не визначено зусилля, необхідне для занурення в ґрунт голки борони.

Мета дослідження – визначити вплив факторів на силу, необхідну для занурення в ґрунт голки борони при різних умовах.

Результати досліджень. Під час роботи голкових борін голки можуть зануритись в ґрунт, спрямовуючись в нього перпендикулярно до його поверхні або не перпендикулярно до неї. Розглянемо спочатку визначення зусилля, необхідного для впровадження у ґрунт голки, яка направлена перпендикулярно до його поверхні. Така схема занурення в ґрунт вертикальної голки під дією сили, яка позначена G , представлена на рис. 1.

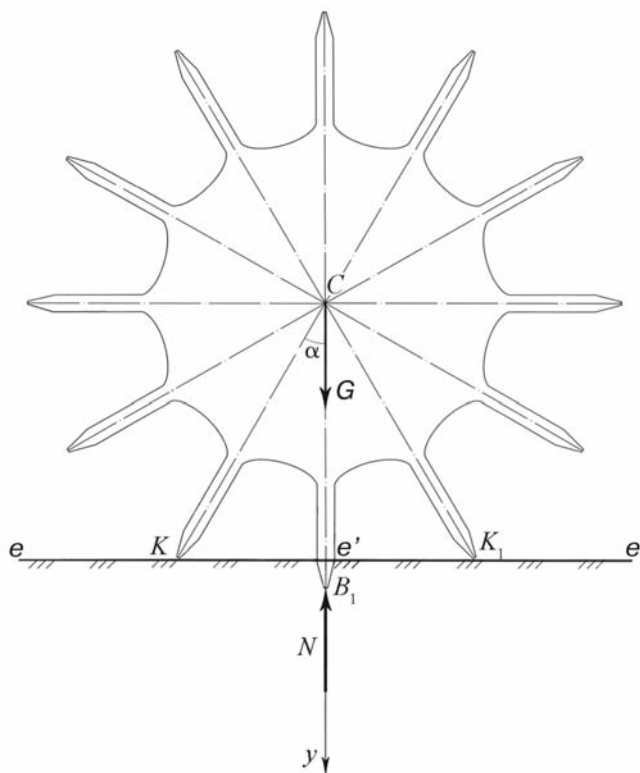


Рис. 1 – Схема занурення в ґрунт нижньої голки диска борони під дією сили G

Для визначення зусилля проникнення голки в ґрунт розглянемо спочатку закономірності вертикальної деформації ґрунту, пов'язані з визначенням коефіцієнта об'ємного її зім'яття. Цей коефіцієнт, як відомо, є показником твердості ґрунту. Якщо за допомогою твердоміра, спорядженого плунжером, отримана діаграма зім'яття ґрунту, що являє собою залежність сили G опору ґрунту зім'яттю від глибини λ занурення плунжера у ґрунт (рис. 2), то для визначення твердості ґрунту p (Н/см²) визначають спочатку середню ординату діаграми $h_{\text{сеп}}$ (в см) на ділянці OA кривої (рис. 2), а потім розраховують p за формулою:

$$p = \frac{h_{\text{сеп}} k}{S}, \quad (1)$$

де k – жорсткість пружини, Н/см²; S – площа перетину плунжера, см².

Як видно з формули (1), твердість ґрунту – це сила стискування, що приходить на 1 см² ґрунту.

На діаграмі (рис. 2) $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_n$ – це глибини занурення плунжера, що відповідають значенням сил G_1, G_2, G_A стискування пружини приладу. Оскільки $h_{\text{сеп}} k$ являє собою середнє значення сили G_A ділянці OA кривої (рис. 2), то $h_{\text{сеп}} k = G_A/2$, де G_A – сила, що відповідає положенню точки A на діаграмі.

Для визначення коефіцієнта c_n об'ємного зім'яття ґрунту треба поділити силу G_A на об'єм V витиснутого ґрунту, який дорівнює $S\lambda_n$ [2, стор. 12-15]:

$$c_n = \frac{G_A}{V} = \frac{G_A}{S\lambda_n} \frac{H}{\text{см}^3}, \quad (2)$$

де λ_n – значення глибини λ , що відповідає положенню точки A на рис. 2.

Величина λ_n , згідно з літературними даними [2], знаходиться в межах значень λ , які не виходять за межі глибини ораного шару, тим паче, що глибина проколювання ґрунту голкою менше 80 мм (що менше глибини ораного шару).

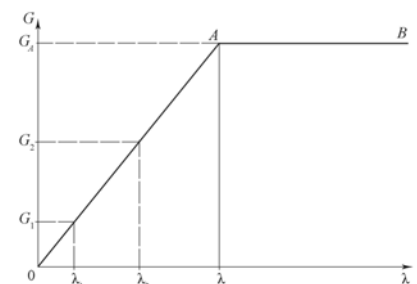


Рис. 2 – Графічна залежність сили G тиску плунжера на ґрунт від глибини λ занурення цього плунжера

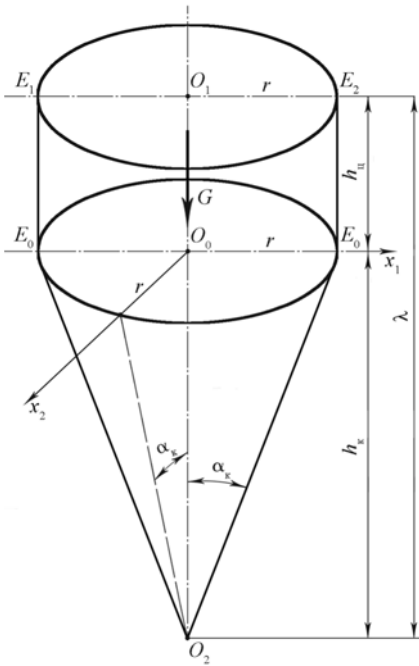


Рис. 3 – Схема нижньої частини голки, що може знаходитися в ґрунті

при проколі його голкою може знаходитися по лінії $E_0O_0E_0$, але може бути трохи вище цієї лінії або нижче. Висота голки дорівнює $h_к + h_ц$.

Об'єм V частини голки на рис. 3 дорівнює $V_к + V_ц$, де $V_к$ – об'єм конуса, а $V_ц$ – об'єм тієї циліндричної частини, яка знаходиться вище конуса. Оскільки $V_к$ дорівнює $\pi r^2 h_к / 3$, де r – радіус циліндра, а $V_ц$ дорівнює $\pi r^2 h_ц$, то $V = \pi r^2 (h_ц + h_к / 3)$.

Конус голки, що заглиблюється в ґрунт під дією сили G_A , буде розпирати його (ґрунт) в напрямках, перпендикулярних твірним конуса, та одночасно ковзати по ґрунту, при цьому з'являться сили тертя ковзання по всій поверхні дотику конуса з ґрунтом. Схеми таких впливів показані на рис. 4, а (з тертям) та 4, б (без тертя).

На рис. 4 показано, як під дією сили G_A , яка достатня для того, щоб конус заглибився у ґрунт, на кінчну поверхню з боку ґрунту будуть діяти нормальні сили реакції N_1 і N_2 перпендикулярно поверхні конуса та

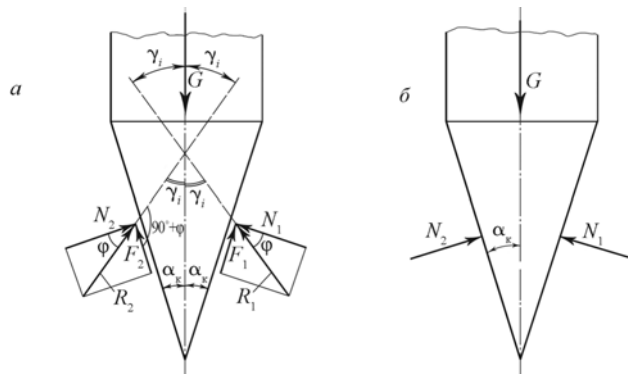


Рис. 4 – Дія сил на бокові поверхні конусної частини голки під час її рівномірного вертикального занурення в ґрунт (а) та за її рівноваги в ґрунті (коли сили тертя дорівнюють нулю) (б)

З огляду на це під час роботи голкової борони опір ґрунту проникненню в нього голки буде мінятися за прямою OA (рис. 2).

Стосовно голкової борони, кінці голок якої мають конусну форму, то така форма голки представлена на рис. 3. На цьому рисунку показане повністю нижнє конусне тіло голки довжиною $h_к$ і частина циліндричного тіла голки, довжиною якої позначена $h_ц$. Рівень ґрунту

сили тертя ковзання F_1 і F_2 по твірним конуса в бік, протилежний напрямку сили G_A . Ці сили показані в двох точках, але такі сили діють по всій поверхні дотику голки з ґрунтом. Рівнодіюча сил N_1 і F_1 позначена R_1 , а рівнодіюча сил N_2 і F_2 позначена R_2 .

Сила R_1 відхилена від сили N_1 на кут тертя φ , на такий же кут φ відхилена сила R_2 від сили N_2 . Сила F_1 дорівнює $f N_1$, а сила F_2 дорівнює $f N_2$, де f – коефіцієнт тертя ковзання, що дорівнює $\tan \varphi$.

Такі сили, як R_1 і R_2 , діють по всій поверхні конуса; позначимо кожен з них R_i .

Як видно з рис. 4, а, для забезпечення рівномірного руху конуса вниз потрібно, щоб мало місце рівність: де γ_i – кут між силою R_i і спрямованою вверх вертикаллю, а n – число сил R_i по всій поверхні конуса, що стикається із ґрунтом.

Кут γ_i дорівнює $180^\circ - \alpha_к - (90^\circ + \varphi) = 90^\circ - \alpha_к - \varphi$, де $\alpha_к$ – половина кута при вершині конуса. $\cos \gamma_i$ дорівнює $\cos(90^\circ - \alpha_к - \varphi)$, що у свою чергу дорівнює $\sin(\alpha_к + \varphi)$. Через це $R_i \cos \gamma_i = R_i \sin(\alpha_к + \varphi)$. Якщо ще врахувати, що $R_i = N_i / \cos \varphi$, де N_i – нормальна сила, позначена вище N_1 і N_2 , то

$$G = \sum_{i=1}^n R_i \cos \gamma_i = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{\cos \varphi} (\sin \alpha_к + \varphi) = \sum_{i=1}^n N_i (\sin \alpha_к + f \cos \alpha_к), \quad (3)$$

де $\sum_{i=1}^n N_i$ – сума нормальних сил по всій поверхні конуса, що стикається із ґрунтом, а n – число сил N_i , що стикаються із ґрунтом.

Якщо ж голка не рухається в ґрунті, і сили тертя дорівнюють нулю (мал. 4, б), то рівновага сил буде при силі G , рівною:

$$G = \sum_{i=1}^n N_i \sin \alpha_к. \quad (4)$$

З (4) знаходимо:

$$\sum_{i=1}^n N_i = \frac{G}{\sin \alpha_к}. \quad (5)$$

З порівняння рівнянь (3) та (4) видно, що для заглиблення конуса в ґрунт необхідна більша сила, ніж за його рівноважного положення в ґрунті (рис. 4, б).

Визначимо умови, за яких нижня голка опускається в ґрунт настільки глибоко, що дві її бокові голки спереду та ззаду дотикаються поверхні ґрунту (рис. 1).

У цьому випадку кінці сусідніх голок K (ліворуч) і K_1 (праворуч) опиняються на поверхні $e-e$ ґрунту (рис. 1). На цій же поверхні $e-e$ знаходиться точка e' центральної голки, яка заглибилась на величину $B_1 e'$, що дорівнює $CB_1 - (CK) \cos \alpha$, де CK – радіус диска r_d , а кут α дорівнює 30° . Зважаючи на це, за глибини $B_1 e'$, яку можна позначити h_0 , отримаємо:

$$h_0 = r_d - r_d \cos \alpha = r_d (1 - \cos \alpha). \quad (6)$$

Розглянемо тепер обґрунтування до визначення основних параметрів голки голкової борони: кута конусності нижньої частини голки $\alpha_к$, висоти конусної частини голки $h_к$ та діаметра циліндричної частини голки.

Для визначення кута конусності голки α_k проаналізуємо ще раз схему на рис. 4. На цій схемі сили N_1 і N_2 та інші аналогічні сили діють з боку ґрунту на конус. З такими ж силами, але у протилежні боки, діє конус на ґрунт. Із аналізу цього явища отримано залежність (5), яка показує, що чим менший кут α_k при одній і тій же силі G , тим більшою буде сума сил ΣN_i , під дією яких відбувається впровадження голки в ґрунт та руйнування цього ґрунту. З огляду на це можна зробити висновок, що чим менший кут α_k , тим меншими будуть зусилля, під дією яких голка впроваджується в ґрунт та руйнує його.

З іншого боку, за малих кутів α_k конус буде довшим та гострішим; це небажано через небезпечність поломки голок.

З викладеного випливає, що основними факторами, що впливають на силу, необхідну для заглиблення в ґрунт голки голкової борони, є: глибина занурення голки λ , кут тертя голки об ґрунт φ і кут α_k , що характеризує конусність голки. Крім цього, сила, необхідна для заглиблення голки в ґрунт, залежить ще від механічного складу ґрунту і його вологості.

Висновки. У статті розглянуто вплив факторів на величину зусилля, необхідного для заглиблення голки голкової борони в ґрунт, і шляхи зменшення цієї сили.

Список літератури

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. – Т. 1 (ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: ОКО. – 2001. – 444 с.
2. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Изд. 3-е допол. и перераб. – М.: Колос, 1994. – 751 с.
3. Синееков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
4. Хайлис.Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин. – К.: Изд-во УСХА, 1992. – 235 с.
5. Кравчук В., Хайлис Г., Шевчук В. О качении дисков игольчатой борони при перемещении по поверхности почвы // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 10. – С. 23-25.

Аннотация. В статье рассмотрено определение силы, необходимой для внедрения в почву иглы игольчатой борони.

Summary. The article deals with determination of force necessary for penetrating soil spiker needle into the ground.

Стаття надійшла до редакції 12 липня 2012 р.