УДК 624.132.3

ВПЛИВ ФРОНТАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ГРУНТОРОЗРОБНИХ ОРГАНІВ НА СУМАРНУ СИЛУ РІЗАННЯ ТА ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ДВОЯРУСНИХ КРИТИЧНОГЛИБИННИХ ГРУНТОРОЗПУШУВАЧІВ

КРАВЕЦЬ С.В.[1] *д. т. н., професор.*
КОСЯК О.В.[2] к. *т. н., старший викладач.*
СТІНЬО О.В.[3] асистент.

[1]Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання (БДМСМіО), Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33000, тел. +38 (097) 289-15-89, e-mail: s.v.kravets@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4063-1942.
[2] Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання (БДМСМіО), Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33000, тел. +38 (067) 360-23-59, e-mail: o.v.kosiak@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0653-3994.
[3] Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання (БДМСМіО), Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33000, тел. +38 (068) 772-54-06, e-mail: sashastinio@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0927-8039.

Анотація. ***Постановка проблеми.*** Зростання потужності і сили тяжіння машинних агрегатів, які працюють на сільськогосподарських угіддях, призводить до надмірного ущільнення ґрунту, оскільки сільськогосподарські угіддя піддаються багатократній дії важкої сільськогосподарської техніки. Внаслідок цього ущільнюються не тільки орний, але і підорний шар на глибину від 0,4 до 1,2 м і більше, що має значний негативний вплив на верхні гумусні шари через створення низької водопроникності зв'язних ґрунтів та призводить до зростання ерозії, зниження пористості підорного шару, а це суттєво впливає на зменшення урожайності. Ефективне вирішення даної проблеми забезпечує глибоке розпушення ґрунту, що дозволяє зруйнувати ущільнений підорний шар. ***Метою статті*** є визначення раціонального розміщення ґрунторозробних органів двоярусних критичноглибинних ґрунторозпушувачів при смуговому та суцільному розпушенні ґрунту, при якому сила різання та енергоємність розпушення ґрунту приймають найменші значення. ***Висновок:*** найменша сумарна сила та енергоємність різання ґрунту спостерігається при рівності кутів зміщення ґрунторозробних органів нижнього ярусу відносно верхнього та кута нахилу бічних стінок прорізу до горизонту ($\gamma_к=\gamma$). При цьому раціональний крок розташування ґрунторозробних органів при смуговому та суцільному розпушуванні ґрунту на глибину 0,6 м для напівтвердого суглинку і твердого супіску становить s = 0,5 – 0,6 м, для напівтвердої глини s = 0,45 – 0,52 м.

Ключові слова: ґрунторозпушувач, двоярусний, розпушення ґрунту, енергоємність, критична глибина, ґрунторозробні органи, різання ґрунту, робочий процес.

ВЛИЯНИЕ ФРОНТАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ГРУНТОРАЗРАБАТЫВАЮЩИХ ОРГАНОВ НА СУММАРНУЮ СИЛУ РЕЗАНИЯ И ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ДВУХЪЯРУСНЫХ КРИТИЧЕСКИГЛУБИННЫХ ГРУНТОРЫХЛИТЕЛЕЙ

КРАВЕЦ С.В.[1] д. т. н., профессор.
КОСЯК А.В.[2] к. т. н., старший преподаватель.
СТИНЬО А.В.[3] ассистент.

[1]Кафедра строительных, дорожных, мелиоративных, сельскохозяйственных машин и оборудования (СДМСМиО), Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), ул. Соборная, 11, г. Ровно, Украина, 33000, тел. +38 (097) 289-15-89, e-mail: s.v.kravets@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4063-1942.
[2] Кафедра строительных, дорожных, мелиоративных, сельскохозяйственных машин и оборудования (СДМСМиО), Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), ул. Соборная, 11, г. Ровно, Украина, 33000, тел. +38 (067) 360-23-59, e-mail: o.v.kosiak@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0653-3994.
[3]Кафедра строительных, дорожных, мелиоративных, сельскохозяйственных машин и оборудования (СДМСМиО), Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), ул. Соборная, 11, г. Ровно, Украина, 33000, тел. +38 (068) 772-54-06, e-mail: sashastinio@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0927-8039.

Аннотация. ***Постановка проблемы.*** Рост мощности и силы тяготения машинных агрегатов, которые работают на сельскохозяйственных угодьях, приводит к чрезмерному уплотнению грунта, поскольку сельскохозяйственные угодья

поддаются многократному воздействию тяжелой сельскохозяйственной техники. Вследствие этого уплотняются не только пахотный, но и подпахотный слой на глубину от 0,4 до 1,2 м и более, что имеет значительное негативное влияние на верхние гумусные слои через создание низкой водопроницаемости связных грунтов и приводит к росту эрозии, снижения пористости подпахотного слоя, а это существенно влияет на уменьшение урожайности. Эффективное решение данной проблемы обеспечивает глубокое взрыхление грунта, что позволяет разрушить уплотняющий подпахотный слой. ***Целью статьи*** является определение рационального размещения грунторазрабатываемых органов двухъярусных критическиглубинных грунторыхлителей при полосовом и сплошном взрыхлении грунта, при котором сила резания и энергоемкость взрыхления грунта принимают наименьшие значения. ***Вывод:*** наименьшая суммарная сила и энергоемкость резания грунта наблюдается при равенстве углов смещения грунторазрабатываемых органов нижнего яруса относительно верхнего и угла наклона боковых стенок прорези к горизонту ($\gamma_к=\gamma$). При этом рациональный шаг расположения грунторазрабатываемых органов при полосовом и сплошном взрыхлении грунта на глубину 0,6 м для полутвердого суглинка и твердой супеси представляет s = 0,5 - 0,6 м, для полутвердой глины s = 0,45 - 0,52 м.

Ключевые слова: грунторыхлитель, двухъярусный, взрыхление грунта, энергоемкость, критическая глубина, грунторазрабатывающие органы, резание грунта, рабочий процесс.

INFLUENCE OF THE FRONTAL PLACEMENT OF THE WORKING BODIES OF THE RIPPER ON THE TOTAL CUTTING FORCE AND ENERGY EFFICIENCY OF TWO-TIER RIPPERS THAT WORKS ON THE CRITICAL DEPTH

KRAVETS S.V.[1] Doctor of Technical Sciences, professor
KOSIAK O.V.[2] PhD, Senior Lecturer.
STINIO O.V. [3] assistant.

[1] Department of building, road, melioration, agricultural machinery and equipment (BRMAME), National University of Water Management and Nature Management (NUWNM), st. Soborna, 11, Rivne, Ukraine, 33000, tel. +38 (097) 289-15-89, e-mail: s.v.kravets@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4063-1942.
[2] Department of building, road, melioration, agricultural machinery and equipment (BRMAME), National University of Water Management and Nature Management (NUWNM), st. Soborna, 11, Rivne, Ukraine, 33000, tel. +38 (067) 360-23-59, e-mail: o.v.kosiak@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0653-3994.
[3] Department of building, road, melioration, agricultural machinery and equipment (BRMAME), National University of Water Management and Nature Management (NUWNM), st. Soborna, 11, Rivne, Ukraine, 33000, tel. +38 (068) 772-54-06, e-mail: sashastinio@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0927-8039.

Abstract. ***Formulation of the problem.*** Growing of power and weight of machine aggregates, which work on agricultural land, leads to excessive compaction of soil, since agricultural lands succumbs to repeatedly action of heavy agricultural machines. As a result, not only the arable but also the subsoil layer is compacted to a depth of 0.4 up to 1.2 m and more, it has a significant negative impact on the upper humus layers through the creation low permeability of cohesive soils and leads to increasing of erosion, decreasing of porosity of the subsoil layer, and this significantly affects the harvest reduction. The effective decision of this problem provides the deep loosening of soil, that allows to prang a making more compact sublime layer. ***The purpose of the article*** is to determine the rational placement of working bodies two-tier rippers that works on the critical depth of ripper in the case of the striping and total cutting of soil, in which the cutting force and the energy consumption of soil cutting take the smallest values. ***Conclusion:*** the smallest total force and energy consumption of cutting the soil is observed when the angles of displacement of working bodies of ripper in the lower tier are equal to the upper one and the slope angle of the side walls of the opening to the horizon ($\gamma_к=\gamma$). At the same time, the rational step in the placement of working bodies of ripper for striping and total cutting of soil to a depth of 0.6 m for semi-solid loam and solid sandy loam is s = 0.5 – 0.6 m, for semisolid clay s = 0,45 – 0,52 m.

Keywords: soil ripper, two-tiered soil ripper, soil cutting, energy intensity, critical depth, soil cutting working bodies, soil cutting, working process.

Актуальність проблеми. Зростання потужності і сили тяжіння машинних агрегатів, які працюють на сільськогосподарських угіддях, призводить до надмірного ущільнення ґрунту, оскільки сільськогосподарські угіддя піддаються багатократній дії важкої сільськогосподарської техніки, сліди від якої покривають від 40% до 80% сільськогосподарських земель. Внаслідок цього ущільнюються не тільки орний, але і підорний шар на глибину від 0,4 до 1,2 м і більше [1…5], що має значний негативний вплив на верхні гумусні шари через створення низької водопроникності зв'язних ґрунтів. Це призводить до зростання ерозії, зниження пористості підорного шару як загальної, так і капілярної. Із збільшенням щільності, а відповідно і твердості ґрунту, падає рівень життєдіяльності мікрофлори ґрунту, що суттєво впливає на зменшення урожайності.

Ефективне вирішення даної проблеми забезпечує глибоке розпушення ґрунту, що дозволяє зруйнувати ущільнений підорний шар. Це дає змогу перерозподілити об'єм горизонтальної і вертикальної фільтрації, зменшити підтоплення орного шару більш як на два тижні, покращити агрегатний склад розпушеного шару ґрунту, збільшити запаси доступної для рослин вологи на 20…30 мм, а також покращити умови руху гравітаційної вологи та проникнення кореневих систем рослин на більшу глибину [5…7]. Під впливом глибокого розпушування у перші роки дренажний стік підвищується в 2…2,5 рази [8], а урожайність – на 20…40% [9…14].

Аналіз публікацій. Дослідженням та створенням конструкцій глибокорозпушувачів з пасивними робочими органами традиційної конструкції займалися: В.Ф. Ткачук [5], С.Т. Вознюк [6], І.І. Назаренко [7], В.Я. Черненок, Ш.І. Брусіловський [8], Б.А. Алієв [9], І.Г. Котко [11], А.А. Михайлин [12], Ю.О. Ветров [15], В.В. Кованько [19] та інші. Але ними не досліджувалась раціональна відстань між ґрунторозробними органами першого ярусу та кута бокового зміщення ґрунторозробних органів другого ярусу відносно першого при яких сумарна сила різання та коефіцієнт енергоємності ґрунту будуть мінімальними.

Метою статті є визначення раціонального розміщення ґрунторозробних органів двоярусних критичноглибинних ґрунторозпушувачів при смуговому та суцільному розпушенні ґрунту, при якому сила різання та енергоємність розпушення ґрунту приймають найменші значення.

Основний матеріал. Найбільшого поширення здобули одноярусні глибокорозпушувачі з пасивними робочими органами традиційної конструкції, що являють собою багатостоякові робочі органи, які розпушують ґрунт на глибину 0,5…0,8 м [5, 8]. Конструкція глибокорозпушувачів з розміщенням стояків в один ряд вимагає великих затрат енергії, що залежить від кроку установки стояків і глибини розпушування. Найменш енергоємними є критичноглибинні розпушувачі [15] одноярусної або двоярусної конструкції.

Визначимо вплив фронтального розташування ґрунторозробних органів двоярусної конструкції на сумарну силу різання та енергоємність руйнування ґрунтів критичноглибинними ґрунторозпушувачами, конструкція яких показана на рис. 1.

Для визначення сили та енергоємності руйнування ґрунту двоярусним критичноглибинним ґрунторозпушувачем необхідно виділити систему з п'яти ґрунторозробних органів, як мінімальну їх кількість для суцільного розпушування ґрунту. Два ґрунторозробні органи 1 працюють при блокованому різанні у верхньому ярусі I, вони створюють умови для комбінованого різання ґрунту (верхній ярус – вільне різання, нижній ярус – блоковане різання) ґрунторозробним органом 2 на повну глибину розпушування II. Після проходження двох ґрунторозробних органів 1 у верхньому ярусі та одного 2 у нижньому залишаються ділянки нерозпушеного ґрунту в нижньому ярусі III, які розпушуються двома ґрунторозробними органами 3, що розміщені на одній осі із ґрунторозробними органами 1 у верхньому ярусі, і здійснюють вільне різання ґрунту на глибину робочого органу 2 другого ярусу.

Глибина розпушування залежить від глибини залягання водонепроникних горизонтів. Глибина глибокого розпушування ґрунту в середньому становить 0,6 м, що згідно схеми (див. рис. 1) відповідає повній глибині розпушування та критичній глибині комбінованого різання ґрунту.

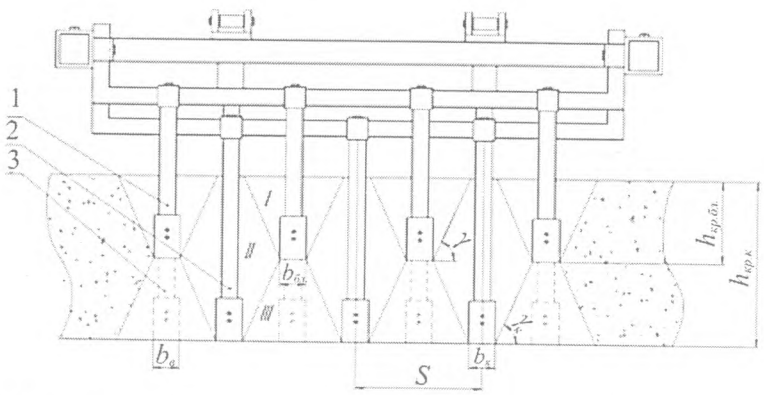

Рис. 1. Схема критичноглибинного двоярусного ґрунторозпушувача
1 – ґрунторозробні органи, що здійснюють блоковане різання у верхньому ярусі; 2 – ґрунторозробні органи, що здійснюють комбіноване різання у нижньому ярусі; 3 – ґрунторозробні органи, що здійснюють вільне різання у нижньому ярусі. I – зона блокованого різання ґрунту; II – зона комбінованого різання ґрунту; III – зона вільного різання ґрунту

Глибина блокованого різання ґрунту згідно [16] становить половину критичної глибини комбінованого різання, тобто критична глибина блокованого різання ґрунту становить 0,3 м. Згідно із схемою розпушування ґрунту (див. рис. 1) значення глибини вільного різання ґрунту співпадає з значенням глибини блокованого різання ґрунту ($h_{бл}=h_в=0{,}3$ м).

Ширини ґрунторозробних органів вибираються із умови роботи їх на критичній глибині. Значення ширини ґрунторозробних органів, що працюють при блокованому і комбінованому різанні ґрунту визначаються за формулами з урахуванням глибини розпушування, типу ґрунту і кута різання.

$$b_{бл.} = \frac{h_{кр.бл.}\left(tg\alpha_p\right)^n}{a} \qquad (1)$$

$$b_{к.} = \frac{h_{кр.к.}\left(tg\alpha_p\right)^{n_к}}{a_к} \qquad (2)$$

де $h_{кр.бл.}$, $h_{кр.к}$ – критична глибина блокованого та комбінованого різання; a, n, $a_к$, $n_к$ – коефіцієнти апроксимації відповідно для блокованого та комбінованого різання.

Ширина ґрунторозробних органів, що працюють при вільному різанні ґрунту вибирається із умови повного розпушування ґрунту, тобто у відповідності із схемою (див. рис. 1) $b_{бл}=b_в$.

Кути різання вибираються із умови забезпечення мінімальної енергоємності процесу глибокого розпушування ґрунту $\left(\alpha_p^{бл}=20...35°;\quad \alpha_p^{к}=20...30°\ [17]\right)$.

Крок розташування ґрунторозробних органів в першому ярусі, що працюють при блокованому різанні ґрунту визначається за залежністю:

$$s = b_{бл} + b_к + 2\left(h_{кр.к} - h_{кр.бл}\right)\cdot ctg\gamma_к \qquad (3)$$

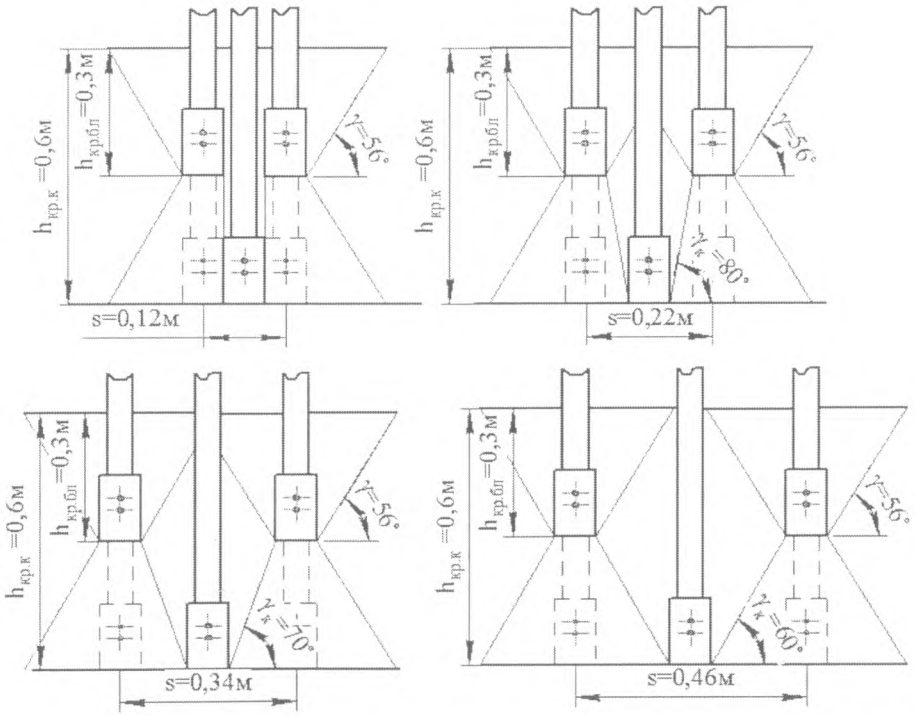

Рис. 2. Схеми розпушування ґрунту двоярусним глибокорозпушувачем при умові, що $\gamma_к > \gamma$

Відстань між сусідніми робочими органами першого ярусу являється максимальною шириною розпушування при комбінованому різанні ґрунту та одночасно задає значення кута зміщення ґрунторозробних органів другого ярусу відносно першого у фронтальній площині.

Визначимо раціональну відстань між ґрунторозробними органами першого ярусу та кут бокового зміщення ґрунторозробних органів другого ярусу відносно першого при яких сумарна сила різання та коефіцієнт енергоємності при смуговому та суцільному розпушуванні ґрунту будуть мінімальні.

При розташуванні ґрунторозробних органів у верхньому ярусі при умові $\gamma_к > \gamma$ (рис. 2) на бокових стінках елемента стружки у нижньому та верхньому ярусах виникає бічний тиск ζq і сили тертя, внаслідок чого зростає сила різання. Максимальна ширина розпушування в нижньому

ярусі при цьому рівна відстані між ґрунторозробними органами у верхньому ярусі. При $\gamma_к > \gamma$ площа поперечного перерізу розпушеного ґрунту є незначною, внаслідок чого енергоємність різання ґрунту є високою [18, 19]. Сила блокованого та комбінованого різання визначається за формулами [17, 20]. Коефіцієнт бічного тиску ξ зменшується прямопропорційно із збільшенням кутового зміщення ґрунторозробних органів верхнього ярусу відносно нижнього.

При поступовому збільшенні відстані між ґрунторозробними органами у верхньому ярусі, коли $\gamma = \gamma_к$, ξq=0 (рис. 3). При виконанні даної умови всі ґрунторозробні органи працюють за принципом незалежності роботи, забезпечуючи при цьому розробку ґрунту на критичній глибині з найменшою енергоємністю та найбільшою повнотою розпушування. Сили блокованого та комбінованого різання ґрунту визначаються за формулами [17, 20].

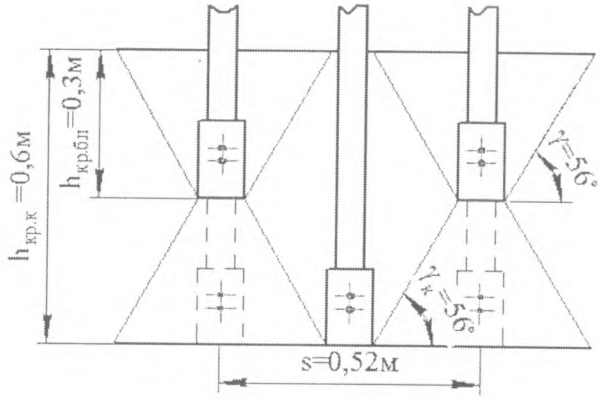

Рис. 3. Схема розпушування ґрунту двоярусним глибокорозпушувачем при умові, що $\gamma_к = \gamma$

При подальшому збільшенні кроку (кута зміщення ґрунторозробних органів у нижньому ярусі відносно верхнього) між ґрунторозробними органами у верхньому ярусі $\gamma_к < \gamma$, (рис. 4) фактичне значення кута $\gamma_к$ залишається незмінним, кут $\gamma_к$ приймає значення кута нахилу бічних стінок прорізу до горизонту у верхньому ярусі. Зона нерозпушеного ґрунту у верхньому ярусі значно збільшується, внаслідок чого збільшується зона [illegible] різання ґрунту, а зона вільного різання ґрунту зменшується. Сила комбінованого різання буде визначатись як сума сил блокованого [20] та вільного різання ґрунту [21]. Глибина відповідно блокованого і вільного різання ґрунту визначаються із геометричних умов графічним методом. Робочі органи у нижньому ярусі, які працювали при вільному різані ґрунту, внаслідок збільшення зони нерозпушеного ґрунту працюють при блокованому різанні із кутом нахилу бічних стінок прорізу до горизонту γ=90°. Внаслідок цього зростає сумарна сила різання, зменшується площа поперечного перерізу розпушуваного ґрунту, зменшується повнота розпушування та збільшується сумарна енергоємність.

На основі схем (рис. 2-4) було визначено раціональне розміщення ґрунторозробних органів при смуговому (модуль, що складається з двох ґрунторозробних органів у верхньому ярусі і одного у нижньому) та суцільному розпушуванні ґрунту (два ґрунторозробних органа у верхньому ярусі і три – у нижньому ярусі), при якому сила різання та енергоємність розпушування ґрунту приймають найменші значення.

Залежність сумарних сил різання та енергоємності різання ґрунту двоярусним критичноглибинним ґрунторозпушувачем приведені на рис. 5, 6.

Висновок. З графіків зображених на рисунку 5, 6 можна зробити висновок, що найменша сумарна сила та енергоємність різання ґрунту спостерігається при рівності кутів зміщення ґрунторозробних органів нижнього ярусу відносно верхнього та кута нахилу бічних стінок прорізу до горизонту ($\gamma_к$=γ). При цьому раціональний крок розташування ґрунторозробних органів при смуговому та суцільному розпушуванні ґрунту на глибину 0,6 м для напівтвердого суглинку і твердого супіску становить s = 0,5 – 0,6 м, для напівтвердої глини s = 0,45 – 0,52 м.

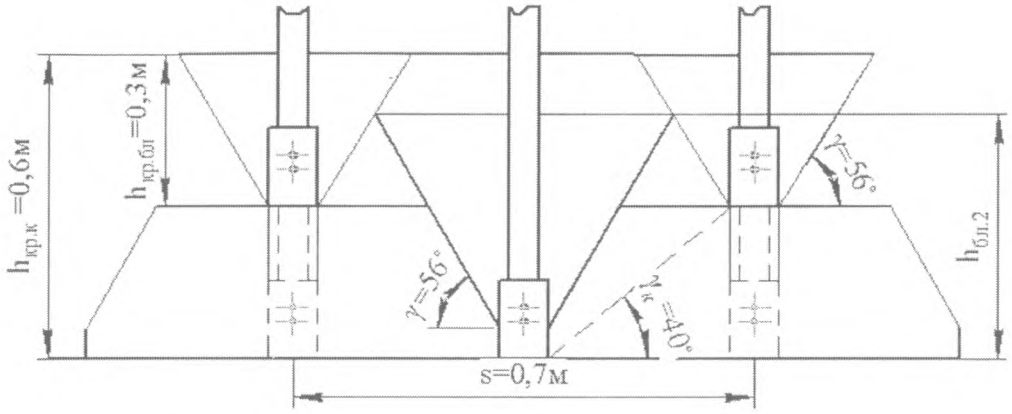

Рис. 4. Схема розпушування ґрунту двоярусним глибокорозпушувачем при умові, що $\gamma_к < \gamma$

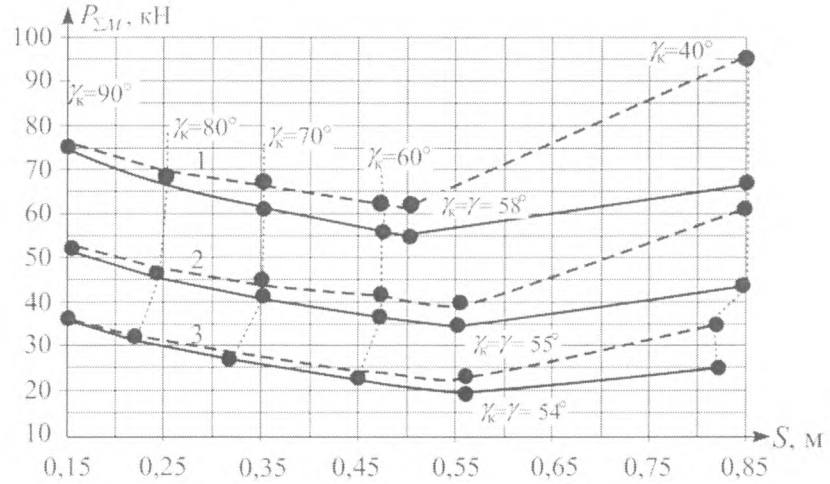

Рис. 5. Залежність сумарної сили різання ґрунту від фронтального розташування ґрунторозробних органів у верхньому ярусі: 1 – напівтверда глина; 2 – напівтвердий суглинок; 3 – твердий супісок;
-------- – для суцільного розпушування модулем із п'яти ґрунторозробних органів;
—— – для смугового розпушування модулем із трьох ґрунторозробних органів

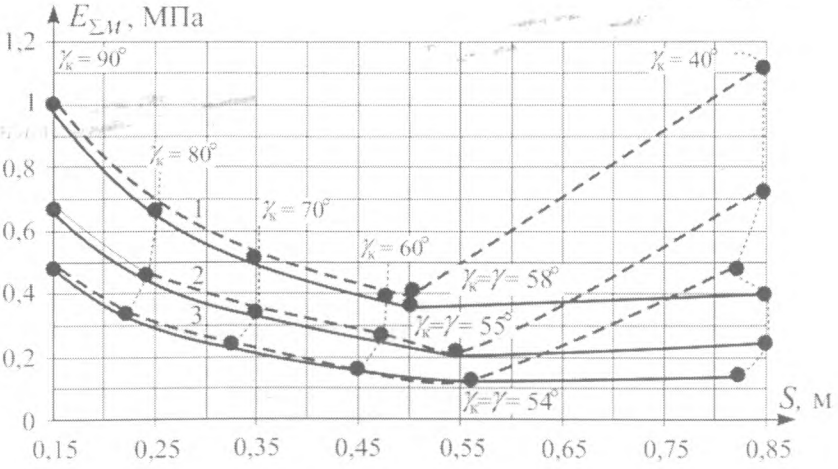

Рис. 6. Залежність сумарної енергоємності від фронтального розташування ґрунторозробних органів у першому ярусі: 1 – напівтверда глина; 2 – напівтвердий суглинок; 3 – твердий супісок;
-------- – для суцільного розпушування модулем із п'яти ґрунторозробних органів;
—— – для смугового розпушування модулем із трьох ґрунторозробних органів

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Королев В. А. Изменение физических свойств черноземов обыкновенных при длительном сельскохозяйственном использовании / В. А. Королев // Почвоведение, 2002. – № 6. – С. 697–704.
2. Липець Е. Вплив щільності ґрунту на засвоєння сільськогосподарськими культурами поживних елементів / Е. Липець, В. В. Медведєв, Т. Є. Линдіна // Вісн. аграр. науки. – 2002. – № 5. – С. 11–15.
3. Медведєв В. В. Вплив структури ґрунту на фільтраційну здатність / В. В. Медведєв, Т. М. Лактіонова, Л. Г. Почепцова // Вісн. аграр. науки. – 2003. – № 3. – С. 5–8.
4. Панченко А. Н. Новые сельскохозяйственные орудия для фермерских хозяйств конструкции ДДАУ / А. Н. Панченко, С. Р. Данильчук, В. И. Янчук. // Науково-теоретичний, науково-практичний журнал: К. : Аграрна наука. – 2002. – № 2. – С. 75–80.
5. Ткачук В. Ф. Агромеліоративні багатоярусні глибокорозпушувачі : монографія / В. Ф. Ткачук, О. П. Лук'янчук, О. П. Рижий; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. – Рівне, 2011. – 190 с. – Бібліогр. : С. 158–179.
6. Вознюк С. Т., Веремеєнко С. І., Меліоративне грунтознавство: Підручник / С. Т. Вознюк, С. І. Веремеєнко – Рівне : НУВГП, 2009. – 408 с.
7. Землеробство та меліорація / І. І. Назаренко, І. С. Смага, С. М. Польчина, В. Р. Черлінка. – Чернівці : Книги–ХХІ, 2006.
8. Черненок В. Я. Глубокое рыхление осушаемых тяжелых почв / В. Я. Черненок, Ш. И. Брусиловский. – М. : Колос, 1983. – 63 с.
9. Алиев Б. А. Технология и техника для глубокого рыхления переуплотненных почв / Б. А. Алеев // Тракторы и с.-х. машины. 2005. – № 2. – С. 7–10.
10. Гилл К. Кукуруза. Водный баланс для королевы полей [Электронный ресурс] / К. Гилл, М. Чаудари // Департамент почв Сельскохозяйственного университета Пенджаба, Лудхияна, Индия. – 2011. – Режим доступу до ресурсу : http://www.zerno-ua.com/?p=5125.
11. Котко І. Г. Технологія та засоби механізації глибокого безполицевого розпушування ґрунтів [Електронний ресурс] / І. Г. Котко – Режим доступу до ресурсу: http://www.iat.com.ua/cms/about_company/articles.html.
12. Михайлин А. А. Экономические показатели глубокого рыхления орошаемых земель глубокорыхлителем гнч-0,6 / А. А. Михайлин // Научный журнал КубГАУ– Краснодар: КубГАУ, 2006. – № 08(024). – С. 309–313.
13. Никитцова А. А. Экономическая эффективность возделывания ярового ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы [Электронный ресурс] / А. А. Никитцова. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: http://www.rusnauka.com/6_PNI_2014/Agricole/3_160453.doc.htm.
14. Тараріко Ю. О. Оцінка агроресурсного потенціалу лівобережного Лісостепу України / Ю. О. Тараріко, Л. Д. Глущенко // Вісник ЖНАЕУ. – 2011. – № 2, т. 1. – С. 3–9.
15. Ветров Ю. А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю. А. Ветров. – М. : Машиностроение, 1972. – 359 с.
16. Кравець С. В. Визначення критичної глибини різання при комбінованому поярусному руйнуванні ґрунту / С. В. Кравець, О. В. Стіньо. // Сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА». – 2013. – № 77. – С. 128–138.
17. Кравець С. В. Визначення сили та енергоємності комбінованого різання при розробці ґрунту на критичну глибину / С. В. Кравець, Р. В. Зоря, О. В. Стіньо, І. Г. Пімонов // Вісник Харк. нац. авт.-дор. ун.-ту. – Харків. – 2017. – № 76 – С. 142–149.
18. Кравець С. В. Ґрунтозахисні та енергозберігаючі машини для прокладки підземних комунікацій. (Основи теорії, проектування та створення) / С. В. Кравець. – Рівне : РДТУ, 1999. – 277 с.
19. Кравець С. В. Наукові основи створення землерийно-ярусних машин і підземнорухомих пристроїв / С. В. Кравець, В. В. Кованько, О. П. Лук'янчук. – Рівне : НУВГП, 2015. – 323 с.
20. Кравець С. В. Визначення сили блокованого різання та коефіцієнта енергоємності розпушування ґрунту / С. В. Кравець, О. В. Стіньо // Науковий вісник Національного гірничого університету, – Дн-ськ. – 2016. – 3(153). – С. 24–29.
21. Стіньо О. В. Дослідження сили і питомого опору вільного різання ґрунтового середовища / О. В. Стіньо. // Сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА». – 2014. – №79. – С. 165–172.

REFERENCES

1. Korolev V. A. Change of physical properties of chernozems ordinary at long agricultural use / V.A. Korolev // Soil science, 2002. – No. 6. – P. 697-704.

2. Lipets E. Influence of soil density on the assimilation of nutrient elements by agricultural crops / E. Lipets, V. V. Medvedev, T. E. Lindina // Vysn. agrar science - 2002. - No. 5. - P. 11-15.
3. Medvedev V.V. Influence of the structure of the soil on the filtration ability / V.V Medvedev, T. M. Laktionova, L. G. Pocheptsova // Vysn. agrar science - 2003. - No. 3. - P. 5-8.
4. Panchenko A.N. New Agricultural Tools for Farmers of the Design of DDAU / A.N. Panchenko, S. R. Danilchuk, V. I. Yanchuk. // Scientific-theoretical, scientific-practical journal: K.: Agrarian science. - 2002. - No. 2. - P. 75-80.
5. Tkachuk V.F Agro-ameliorative multi-tier deep dehumidifiers: monograph / V.F Tkachuk, O. P. Lukianchuk, O. P. Rizhii; National un-tons of water. households and nature use. - Rivne, 2011. - 190 c. - The bibliographer. : P. 158-179.
6. Voznyuk C.T., Veremeenko S.I., Meliorative Soil Science: Textbook / C.T. Vozniuk, S.I. Veremeenko-Rivne: NUVGP, 2009. - 408 p.
7. Agriculture and Reclamation / I. I. Nazarenko, I. S. Scama, S. M. Polchina, V. R. Cherlinka. - Chernivtsi: Books-XXI, 2006.
8. Chernenok V. Ya. Deep loosening of drained heavy soils / V. Ya. Chernenok, Sh. I. Brusilovsky. - M.: Kolos, 1983. - 63 p.
9. Aleev B.A. Technology and the equipment for deep loosening of the recondensed soils / B.A. Aleev // Tractors and agricultural cars. 2005. – No. 2. – Page 7-10.
10. Gill K. Corn. Water balance for the queen of fields [An electronic resource] / K. Gill, M. Chaudari//Department of soils of the Agricultural university of Punjab, Ludhiana, India. – 2011. – The mode to access to a resource: http://www.zerno-ua.com/?p=5125.
11. Kotko I.G. Technology and means of mechanization of deep unpolar soil loosening [Electronic resource] / I. G. Kotko - Mode of access to the resource: http://www.iat.com.ua/cms/about_company/articles.html.
12. Mihailing A. A. Economic indicators of deep loosening of the irrigated lands the deep-ripper gnch-0,6 / A.A. Mikhaylin // the Scientific magazine KUBGAU-Krasnodar: KUBGAU, 2006. – No. 08(024). – P. 309-313.
13. Nikittsova A. A. Economic efficiency of cultivation of summer barley depending on ways of the main processing of the soil [An electronic resource] / A.A. Nikittsova. – 2012. – The mode to access to a resource: http://www.rusnauka.com/6_PNI_2014/Agricole/3_160453.doc.htm.
14. Tarariko Y.O ahroresursnoho assessment of potential left-bank forest-steppe of Ukraine / Y.O Tarariko, L.D Glushchenko // Bulletin ZHNAEU. - 2011. - No. 2, t. 1. - P. 3-9.
15. Vetrov Yu. A. Cutting of soil excavating machines / Yu.A. Vetrov. – M.: Mechanical engineering, 1972. – 359 p.
16. Kravets S.V Determination of the critical depth of cutting at combined podaruvannogo destruction of soil / S.V. Kravets, O.V. Stinio. // Sb. scientific of labor. - Dnepropetrovsk: GVUZ "PGASA". - 2013. - No. 77. - P. 128-138.
17. Kravets S.V Determination of the power and energy intensity of combined cutting in the development of soil at critical depth / S.V. Kravets, R.V. Zorya, A.V. Stinio, I. G. Pimonov // Bulletin of the Kharkiv. nats aut.-dor un - Kharkiv - 2017. - No. 76 - P. 142-149.
18. Kravets S.V Ground-protecting and energy-saving machines for laying underground communications. (Fundamentals of Theory, Designing and Creation) / S.V. Kravets. - Rivne: RSTU, 1999. - 277 p.
19. Kravets S.V. Scientific bases for the creation of earth-tiered machines and underground machine tools / S.V. Kravets, V.V. Kovan'ko, O.P. Lukianchuk. - Rivne: NUVGP, 2015. - 323 p.
20. Kravets S.V Determination of the power of blocked cutting and the energy intensity of soil loosening / S.V. Kravets, O.V. Stinio // Scientific herald of the National Mining University, - Dn-SK. - 2016 - 3 (153). - P. 24-29.
21. Stinio O.V. Investigation of force and specific resistance of free cutting of soil environment / O.V. Stinio. // Sb. scientific of labor. - Dnepropetrovsk: GVUZ "PGASA". - 2014 - No. 79. - P. 165-172.