

УДК 621.315.631.311: 631.626.2

ОСНОВНІ НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МЕЛІОРАТИВНИХ РОЗПУШУВАЧІВ

В.І. ПЕТРОЧЕНКО

Інститут водних проблем і меліорації НААН

П.В. ГРИНЬКО

Міністерство аграрної політики та продовольства України

О.П. МУЗИКА

Національна академія аграрних наук України

На основі багаторічних теоретичних і польових досліджень обґрунтовано перспективні схеми глибокого меліоративного розпушування ґрунтів та основні напрями вдосконалення робочих органів розпушувачів пасивного і активного типу.

Ключові слова: меліоративне розпушення, зона розпушення, розпушувач

Проблема та її актуальність. У Карпатському регіоні, Поліссі і Західному Лісостепу України поширені мінеральні періодично перезволожені ґрунти. Ці ґрунти переважно підзолисті, оглеєні, слабогумусовані, кислі, безструктурні, ущільнені, малородючі. Для поліпшення структури перезволожених ґрунтів важкого мінерального складу, які містять понад 40...50% часток фізичної глини, виконують меліоративне розпушення на глибину 60...80 см з періодичністю у 2...3 роки. Іноді механічне розпушення поєднують з хімічною меліорацією — внесенням хімічних речовин (меліорантів). Хімічні меліоранти вносяться як для поліпшення агрохімічного стану ґрунтів (вапно, добрива), так і для закріплення розпушеної структури (стабілізуючі суспензії). Меліоративне розпушення

© В.І. Петроченко, П.В. Гринько, О.П. Музика, 2011
Меліорація і водне господарство. 2011. Вип. 99

забезпечує підвищення врожаїв на важких перезволожених землях на 20...40%, а у поєднанні з фітомеліорацією і хімічною меліорацією його ефективність ще підвищується [1–4]. Загальна площа земель в Україні, які потребують глибокого меліоративного розпушення, становить близько 2 млн га, у тому числі понад 700 тис. га земель попередньо осушених гончарним дренажем. Зазвичай меліоративне розпушення застосовують у поєднанні з дренажем. Без дренажу воно може застосовуватись тільки на земельних ділянках, на яких спостерігається незначне та нетривале підвищення ґрунтових вод, а також на перезволожених ділянках, поверхні яких мають нахил до осушувальних каналів, заплав річок, ставків, водозаборів тощо. Ефективність глибокого розпушення доцільно оцінювати як різницю між додатковим доходом від підвищення врожаю і витратами на здійснення оструктурювального глибокого меліоративного обробітку кореневмісного шару ґрунту. Оскільки підвищення врожаю залежить від обсягу розпушеного кореневмісного шару ґрунту, а витрати на здійснення процесу – від енерговитрат, то основним критерієм ефективності процесу механічного розпушення ґрунту є питома енергоємність процесу, яка залежить від конструктивних особливостей розпушувачів і визначається відношенням енерговитрат (або тягового зусилля) на одиницю об'єму розпушеного ґрунту. У зв'язку з цим розробка конструкцій робочих органів розпушувачів, здатних при найменших енерговитратах утворювати у важких ґрунтах найбільш об'ємні зони розпушення, є досить актуальною задачею.

Мета дослідження – виконати комплексний структурний аналіз конструктивних рішень робочих органів меліоративних розпушувачів і обґрунтувати основні напрями їхнього подальшого вдосконалення та ефективного використання.

Досвід використання в Україні меліоративних розпушувачів. Згідно з експертним висновком Д.А. Тютюнника [2, 3], хибною тенденцією у минулому вважається інженерний підхід до практичного застосування меліоративного розпушення. Розпушення виконували одночасно з будівництвом осушувальних систем і оцінювали гектарами оброблених площ, а не обсягом розпушеного ґрунту. Використання глибокого розпушення в Україні почалось з другої половини 60-х років минулого

століття. У той час було налагоджено серійне виробництво розпушувача РН-0,8 та його широке впровадження. Пізніше було запропоновано низку нових розпушувачів переважно на рівні винаходів та експериментальних зразків. Проте через інженерний підхід до розпушування, як у розпушувача РН-0,8, так і в багатьох інших розпушувачах, використовувались робочі органи традиційної конструкції у вигляді вертикальної стійки з долотом у її нижній частині, які в багатьох випадках здійснювали щільування вологих ґрунтів, замість їхнього розпушування та оструктурювання. При цьому витрати на таке розпушення економічно не виправдовувались, оскільки через щілини у ґрунті прискорюється дренажне водовідведення, але не досягається агротехнічний ефект оструктурювання ґрунту, поліпшення режиму його аерації, акумулювання надмірної вологи.

Робочі органи, виконані у вигляді вертикальної стійки із закріпленням на її кінці плоским долотом, можуть здійснювати різання ґрунту за схемами, зображеними на *рис. 1, а і б*. Якщо глибина різання (розпушення) $H \leq (3...5)\delta_n$, де δ_n — ширина долота, то має місце докритичне або блоковане різання, при якому відбувається розпушення (*рис. 1, а*). Якщо $H \geq (3...5)\delta_n$, маємо закритичне різання, при якому відбувається щільування ґрунту (*рис. 1, б*). Для того щоб при розпушуванні вологого ґрунту на глибину 80 см гарантовано уникнути небажаного ефекту щільування, необхідно мати робочий орган із шириною долота понад 20 см. Проте робочі органи розпушувачів традиційної конструкції через недостатні тягові зусилля наявних тракторів виготовляли із шириною долота 8...12 см. Цим пояснюється причина виникнення небажаного ефекту щільування ґрунтів при їхньому розпушуванні. Для підвищення ефективності меліоративного розпушування виникла потреба у виконанні теоретичних, експериментальних та польових досліджень у таких основних напрямках: удосконалення схем різання ґрунту при утворенні зон його розпушення; удосконалення робочих органів розпушувачів пасивного типу; вдосконалення конструкцій розпушувачів активного типу.

Удосконалення схем різання ґрунту при утворенні зон його розпушення. Для усунення ефекту щільування ґрунту було запропоновано [5, 6] ділити загальну глибину розпушення на

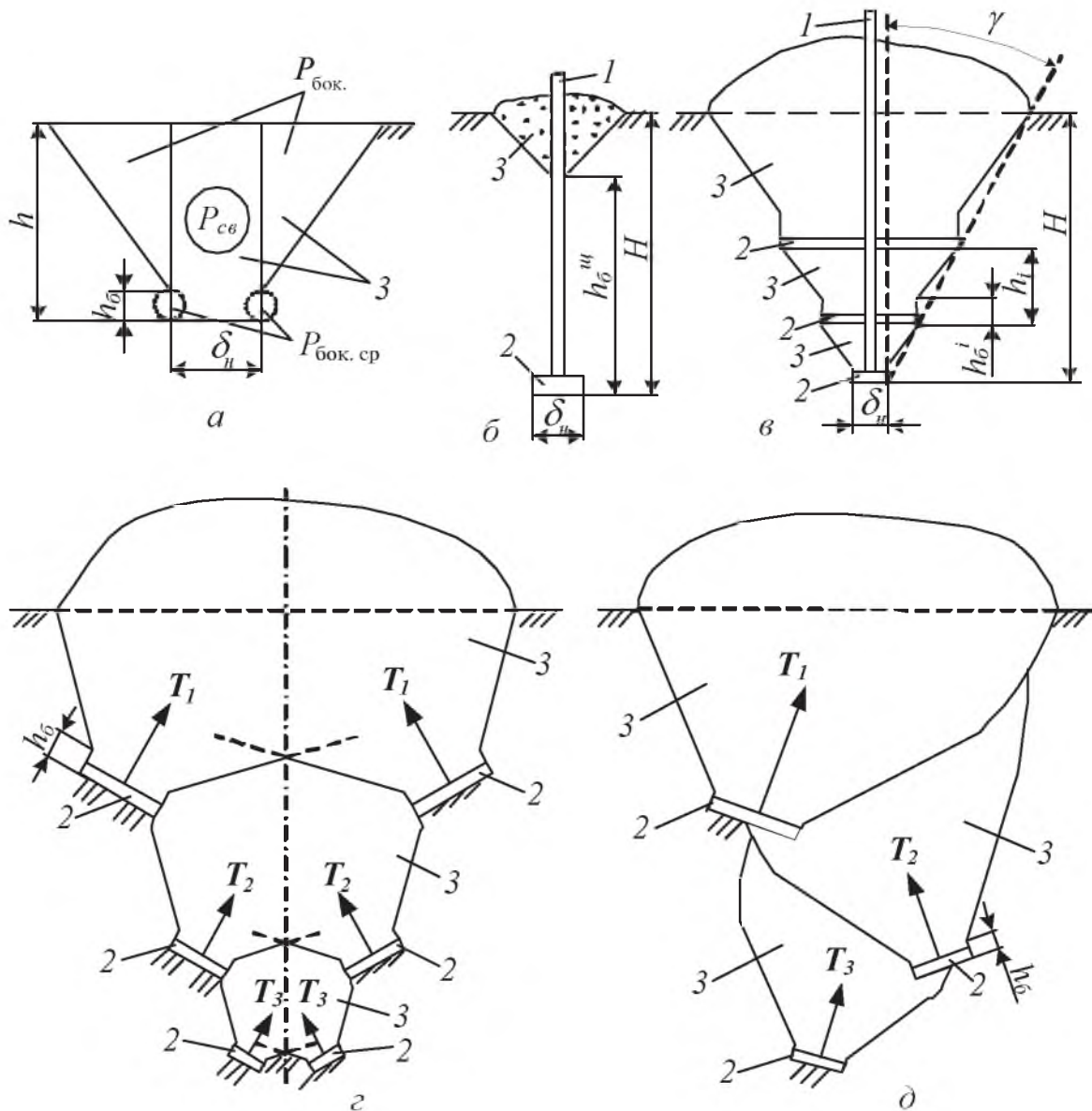


Рис. 1. Схеми глибокого різання ґрунту та утворення зон розпушення:
a – докритичне блоковане різання; *б* – закритичне різання (щільовання);
в – ступеневе різання горизонтальними кромками [5]; *г* – ступеневе симетричне різання з боковим зміщенням стружок [8]; *д* – ступеневе асиметричне різання з боковим зміщенням стружок [9]; *1* – вертикальна стійка; *2* – долото; *3* – зона розпушення ґрунту долотом

окремі ступені, використовуючи на кожній ступені окреме плоске долото. Сутність ступеневого різання ґрунту полягає в тому, що кожне розташоване вище долото зрізує шар ґрунту з випередженням відносно до розташованого нижче долота, створюючи для кожного розташованого нижче долота штуч-

ний горизонт вільної поверхні ґрунту. Крім ефекту підвищення ефективності ступеневого розпушення ґрунтів, за гіпотезою [6], очікувалось зниження сили різання при заміні суцільного ріжучого профілю ступеневим. Логічне пояснення доцільності висування цієї гіпотези можна надати, скориставшись результатами досліджень А.Н. Зеленіна [7], яким експериментально було отримано залежності сил різання у вигляді таких функцій:

$$P_{\Gamma}^i = \Phi_1(h_i^{1,35}); \quad (1)$$

$$P_{\text{в}} = \Phi_2(H^{1,35}), \quad (2)$$

де P_{Γ}^i – сила блокованого різання горизонтальним ножом на i -й ступені; h_i – товщина шару, при блокованому різанні (розпушенні) ґрунту i -м ножом; $P_{\text{в}}$ – сила закритичного різання (шілювання) ґрунту вертикальним профілем; H – глибина розпушення ґрунту.

Оскільки (1) і (2) є зростаючими у ступені 1,35 функціями глибини різання, то у разі діленню загальної глибини різання H на m окремих ступенів (рис. 1, в) очікується не тільки уникнути небажаного ефекту шілювання ґрунту, а й додатково досягти зниження сили $P_{\text{ст}}$ ступеневого різання порівняно з силою $P_{\text{в}}$, тобто за гіпотезою досягти ще й наступного ефекту [6]:

$$P_{\text{ст}} = \sum_{i=1}^m P_{\Gamma}^i < P_{\text{в}} \Leftrightarrow P_{\text{ст}} = \sum_{i=1}^m \Phi_1(h_i^{1,35}) < \Phi_2(H^{1,35}). \quad (3)$$

Проте перехід до найменш енергоємного блокованого різання потребує використання на верхніх ступенях робочого органу досить широких доліт. Розрахунки сил ступеневого різання $P_{\text{ст}}$ при використанні верхніх доліт шириною, необхідною для умов блокованого різання, показали, що ефект зниження сили ступеневого різання (3) майже не досягається. Після цього у 1980 р. в Інституті УкрНДІГіМ автором Петроченком В.І. було проведено більш детальні теоретичні та експериментальні дослідження з виявлення умов та параметрів ступеневого різання, при яких забезпечується оптимальне значення сили ступеневого різання $P_{\text{ст}}^{\text{opt}}$. Крім граничних (до-

критичний блокований і закритичний) режимів різання, на ступенях робочого органу досліджували проміжні режими різання ґрунту. Дослідження проміжних режимів різання виконували у польових умовах на експериментальній установці, навішеній на трактор ДТ-75 із застосуванням пересувної тензOMETричної станції. Для кожного з проміжних режимів ступеневого різання встановлювали відповідне співвідношення між висотою бокової вертикальної частини зрізу i -ї стружки h_6^i і товщиною i -ї стружки h_i . Для зручності було запропоновано характеризувати режими ступеневого різання параметром γ – кут бокового розширення зони ступеневого розпушення (рис. 1, в). Гіпотезу (3) було відкориговано наступним чином:

$$\sum_{i=1}^m P_{\Gamma}^i \angle P_{\text{ст}}^{\text{opt}} \angle P_{\text{в}} \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \Phi_1(h_1^{1,35}) \angle P_{\text{ст}}^{\text{opt}} \angle \Phi_2(h^{1,35}). \quad (4)$$

У результаті спільного розглядання комплексу значень сил ступеневого різання, частину з яких було розраховано за формулами (1) і (2) А.Н. Зеленіна, а частину отримано експериментальним шляхом, та їхньої математичної обробки [6], було встановлено залежність сили ступеневого різання від параметрів різання за схемою, показаною на рис. 1, в у вигляді функції $P_{\text{ст}} = \Phi_3(\gamma)$. За умовою $\frac{\partial P_{\text{ст}}}{\partial \gamma} = 0$ визначається

$P_{\text{ст}}^{\text{opt}} = \Phi_3(\gamma^{\text{opt}})$ при оптимальному куті γ^{opt} :

$$\gamma^{\text{opt}} = \frac{483}{H - h} + 1,48\delta_{\text{н}} + 2,3, \text{ град}, \quad (5)$$

де H – глибина розпушування, см; h – висота ступені, см; $\delta_{\text{н}}$ – ширина нижнього долота, см.

Дослідженнями встановлено, що використання ступеневого різання за схемою рис. 1, в при параметрі γ^{opt} дає змогу не тільки уникнути щілювання ґрунтів, а й знизити у середньому на 17% силу ступеневого розпушення $P_{\text{ст}} = P_{\text{ст}}^{\text{opt}}$, відносно до сили $P_{\text{в}}$ щілинного різання. Схема на рис. 1, в та наукові результати досліджень з її обґрунтування було використано при розробці та впровадженні нових робочих органів не тільки розпушувачів, а й безтраншейних укладачів дренажу і протифільтраційних завіс з полімерної плівки [10].

Відомо, що питома сила блокованого різання значно менша сили закритичного різання і складається (рис. 1, а) з сили розпушення ґрунту в лобовій частині зони розпушення $P_{\text{св}}$, сили розпушення ґрунту в бокових частинах зони розпушення $P_{\text{бок}}$ і сили зрізу ґрунту боковими кромками долота $P_{\text{бок.ср}}$. При цьому для деяких ґрунтів $P_{\text{бок.ср}}$ становить понад 50% загальної сили блокованого різання і знаходиться у прямій залежності від висоти бокового зрізу h_6 . Оскільки при ступеневому різанні за схемою рис. 1, в висота бокового зрізу більша порівняно з блокованим різанням ($h_6^i > h_6$), то і питома енергоємність розпушення на кожній ступені буде також вищою. Тому наступною задачею при подальшому вдосконаленні ступеневого розпушування ґрунту є пошук та обґрунтування нових схем ступеневого розпушування з параметрами $h_6^i \rightarrow h_6$. При рішенні такої задачі було запропоновано нові схеми ступеневого розпушування – симетрична (рис. 1, з) [8] і асиметрична (рис. 1, д) [9], в основу яких покладено ідею бокового нахилу доліт 2 та зон розпушування 3 до центру загальної зони розпушування. Завдяки використанню двох рядів доліт, встановлених по бокових границях загальної зони розпушування та боковому нахилу площин доліт до центру загальної зони розпушування, на ступенях загальної зони розпушування (рис. 1, з, д) штучно досягається ефект блокованого різання ($h_6^i \rightarrow h_6$), що в свою чергу сприяє додатковому зниженню питомої енергоємності ступеневого розпушування на 15...25% щодо розпушування за схемою рис. 1, в. При цьому асиметрична схема (рис. 1, д) більш складна для практичного використання, але порівняно з симетричною (рис. 1, з), забезпечує меншу питому енергоємність розпушування, оскільки за цією схемою усувається негативний ефект взаємного стиснення при боковому зміщенні одночасно зрізаних лівих і правих стружок ґрунту.

Удосконалення робочих органів розпушувачів пасивного типу. Залежно від характеру закріплення ріжучих елементів (доліт, ножів, стругів) на основній рамі, робочі органи меліоративних розпушувачів можна поділити на стійкові та рамні. Робочі органи стійкової конструкції (рис. 2) виготовляють у вигляді стійок із закріпленими на них долотами. Робочі органи розпушувачів рамної конструкції (рис. 3) – у вигляді ріжучої рами

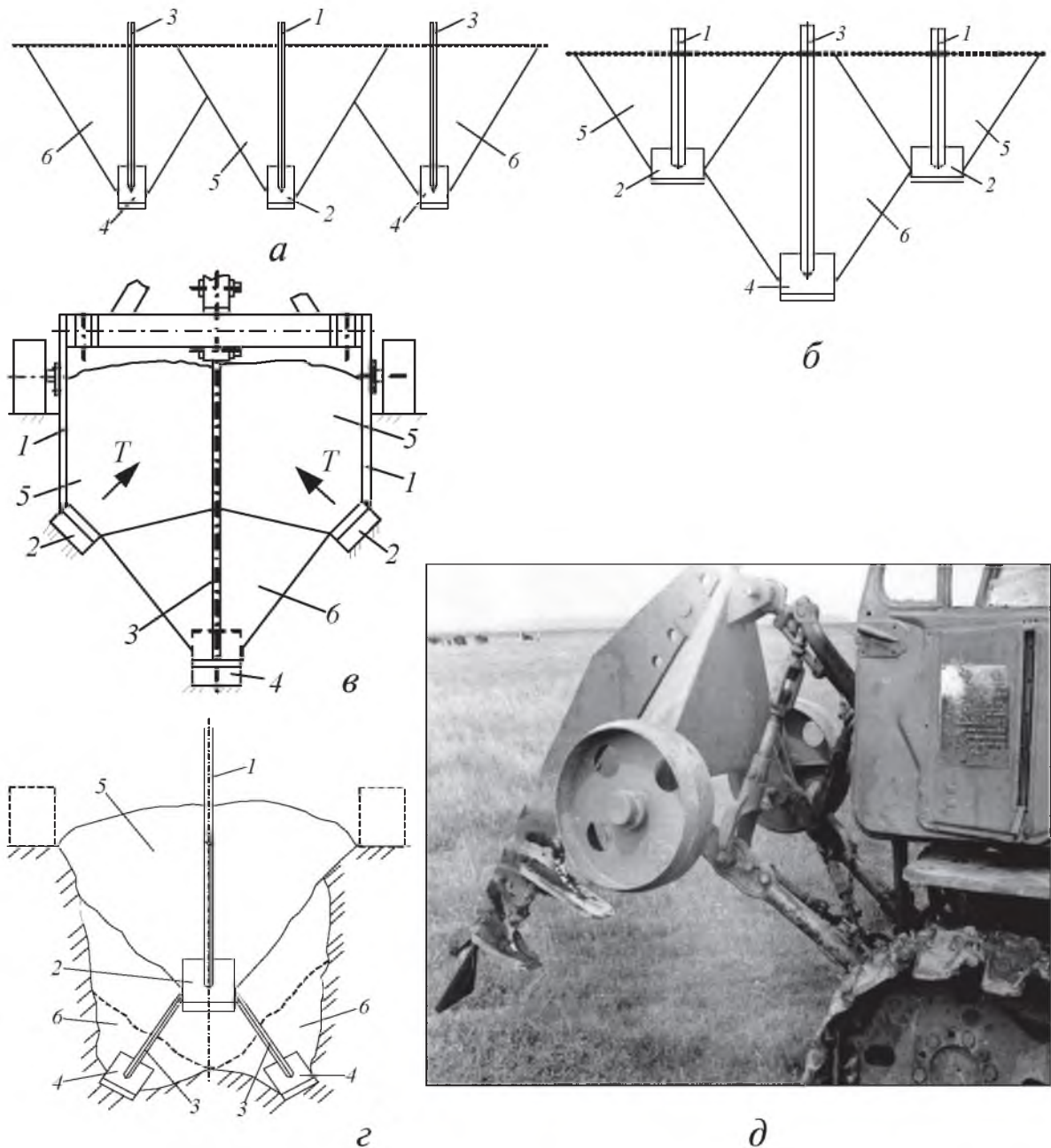


Рис. 2. Робочі органи розпушувачів стійкової конструкції:

а – тристійковий розпушувач із центральною стійкою, встановленою з випередженням у напрямі руху трактора; *б, в* – тристійковий розпушувач з двома боковими стійками, встановленими з випередженням відносно центральної стійки [12]; *г* – одностійковий двоступеневий розпушувач з одним горизонтальним долотом на першій ступені і двома похилими долотами на другій ступені [13]; *д* – двоступеневий розпушувач із плоскорізом [5]; *1, 2* – стійка та долото, які в напрямі руху трактора встановлено з випередженням; *3, 4* – стійка та долото, які в напрямі руху трактора встановлено із запізненням; *5* – зона, яка розпушується з випередженням; *б* – зона, яка розпушується із запізненням

(ріжучого периметра) певного замкненого знизу контуру, який визначає межі об'ємної зони розпушення ґрунту, та з верхніми вушками для кріплення ріжучої рами до основної рами.

Для забезпечення високої ефективності ступеневого розпушування, розробку робочих органів як стійкової, так і рамної конструкції, необхідно виконувати з урахуванням таких вимог: зони розпушування кожним ріжучим елементом робочого органу повинні утворюватись у режимах, максимально набли-

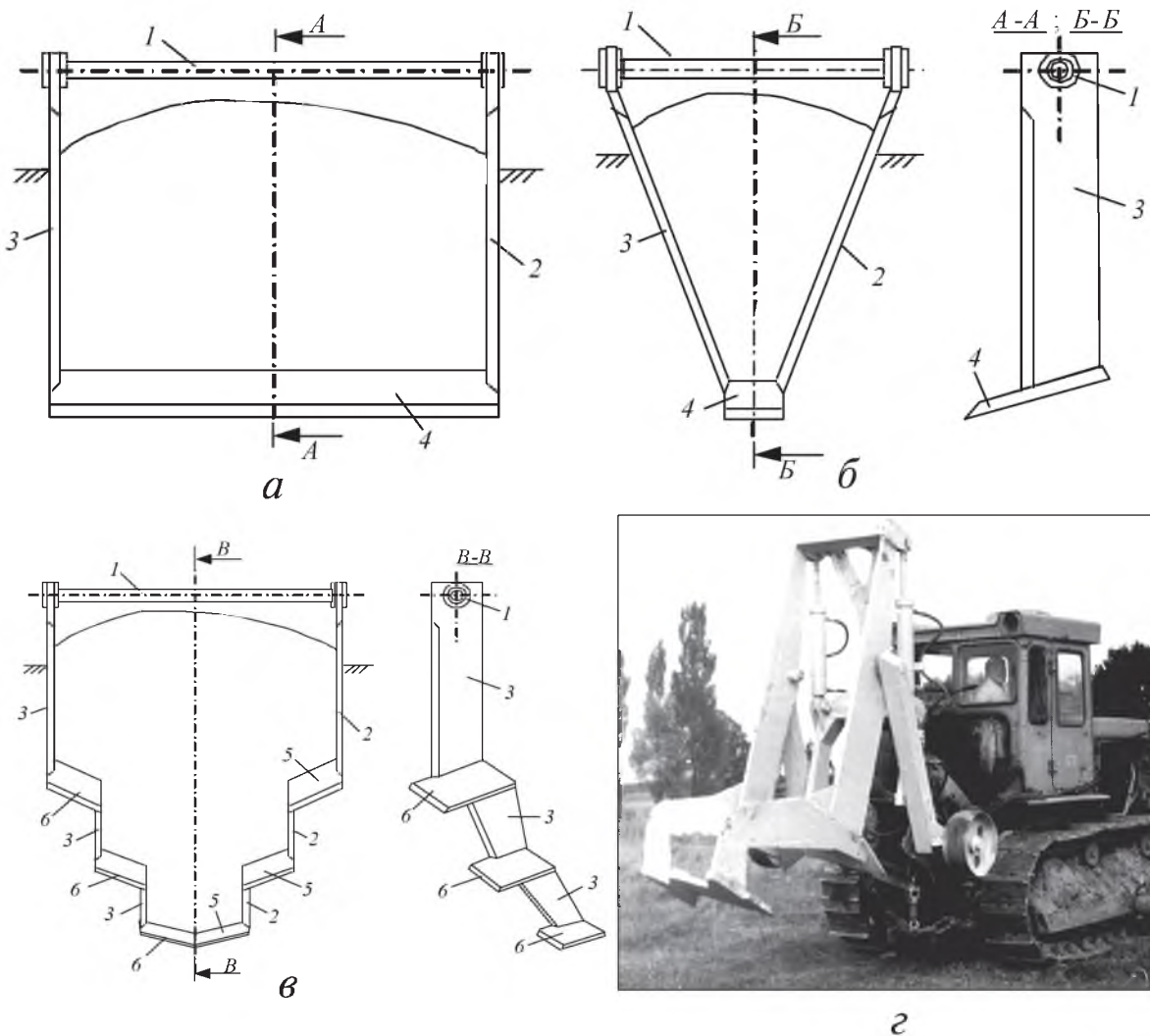


Рис. 3. Робочі органи розпушувачів рамної конструкції:

a – робочий орган із прямокутним ріжучим периметром; *б* – робочий орган з V-подібним ріжучим периметром; *в* – конструктивне рішення робочого органу з боковим симетричним нахилом доліт до центру зони розпушення [9, 14]; *г* – робочий орган РН-1,8 двоступеневого розпушування, навішений на трактор Т-130 [9]; 1 – рама робочого органу; 2 – ліва стійка ріжучого контуру; 3 – права стійка ріжучого контуру; 4 – горизонтальне долото (струг); 5 – ліве похиле долото; 6 – праве похиле долото

жених до режиму найменш енергоємного блокованого різання; у конструкціях розпушувачів, призначених для утворення за один їхній прохід об'ємних зон ступеневого розпушування, слід елементи розпушування верхніх шарів ґрунту розміщувати з випередженням відносно елементів розпушування нижніх шарів ґрунту, а в поперечному напрямі ріжучі елементи встановлювати по бокових границях загальної зони розпушування та з боковим нахилом площин доліт до її центру.

На *рис. 3* наведено відомі (*рис. 3, а, б*) та нові (*рис. 3, в, г*) технічні рішення робочих органів розпушувачів рамної конструкції. Відомо багато інших технічних рішень робочих органів розпушувачів рамної конструкції, у тому числі робочих органів ступеневого розпушування. Проте не завжди запропоновані технічні рішення відповідають основним принципам і критеріям ступеневого розпушування. Наприклад, за технічним рішенням [11] передбачено утворення спочатку не верхньої, а нижньої зони розпушення.

Удосконалення конструкцій розпушувачів активного типу. Активізацію процесу розпушення ґрунтів за допомогою вібрації або коливань робочих органів розпушувачів застосовують для зменшення тягових зусиль, а також для підвищення ефективності розпушування особливо щільних ґрунтів. Коливання робочих поверхонь розпушувачів можуть утворюватись не тільки у разі використання вібраторів із приводом їхнього обертання чи коливання. Так завдяки конструктивним особливостям робочого органу розпушувача [5] (*рис. 4*) варіювання величини горизонтальної сили різання P_{var} , яке завжди спостерігається при різанні ґрунтів, перетворюється у варіювання вертикальної сили розпушування R_{var} . За умовою рівноваги миттєвих моментів сил навколо точки O_1 , (*рис. 4*) маємо:

$$P_{var} \cdot b = R_{var} \cdot a. \quad (6)$$

Варіювання параметра P_{var} призводить до варіювання сили R_{var} та коливання плоскорізу.

Напрями вдосконалення робочих органів розпушувачів активної дії визначаються на основі спільного аналізу основних схем вібраційних робочих органів, наведених на *рис. 5*. Використання механізмів зворотно-поступальних коливань

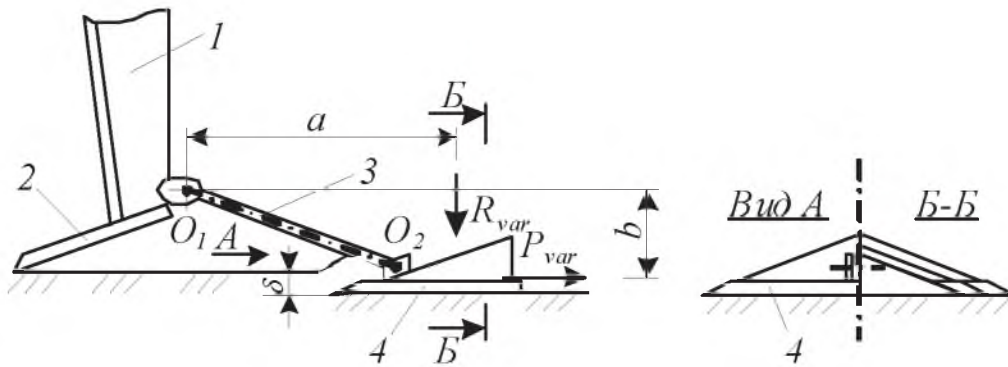


Рис. 4. Генерування вертикальних коливань на робочому органі пасивного типу [7]:

1 – стійка; 2 – долото; 3 – двошарнірна тяга; 4 – плоскоріз

направленої дії (рис. 5, а) та механізмів маятникових коливань (рис. 5, б) є найефективнішим при розпушуванні особливо щільних мерзлих та скельних ґрунтів на відносно невелику глибину.

Для умов глибокого меліоративного розпушування відносно м'яких ґрунтів, траєкторії коливань робочих органів повинні обиратись за критеріями зменшення, як сили різання ґрунту кромками ріжучих елементів, так і сили тертя стружки ґрунту при її ковзанні та розпушуванні на робочих поверхнях ріжучих елементів. Схеми вібраційних робочих органів глибокорозпушувачів з ефективними траєкторіями коливань ріжучих елементів наведено на рис. 5, в–д. За схемою рис. 5, в від карданного валу трактора забезпечуються низькочастотні маятникові коливання не усього робочого органу, а тільки долота. Цю схему покладено в основу меліоративних розпушувачів WS-I і WS-II німецької фірми «Бреніг» [4].

Для максимального зменшення сили тертя між стружкою ґрунту і поверхнею ріжучих елементів та поліпшення процесу розпушення запропоновано схему вібраційного розпушування з круговими коливаннями робочого органу в площині стійки (рис. 5, г) [15]. При кругових коливаннях у напрямі обертання дебалансу, наведеному на рис. 5, г, спостерігається ефект «накочування» стружки на поверхню ріжучого елемента, що призводить до зменшення сили розпушування. Підвищення ефективності такого розпушування пояснюється тим, що середньовизначений вектор $R_{\text{п}}$ сили пасивного розпушування у процесі

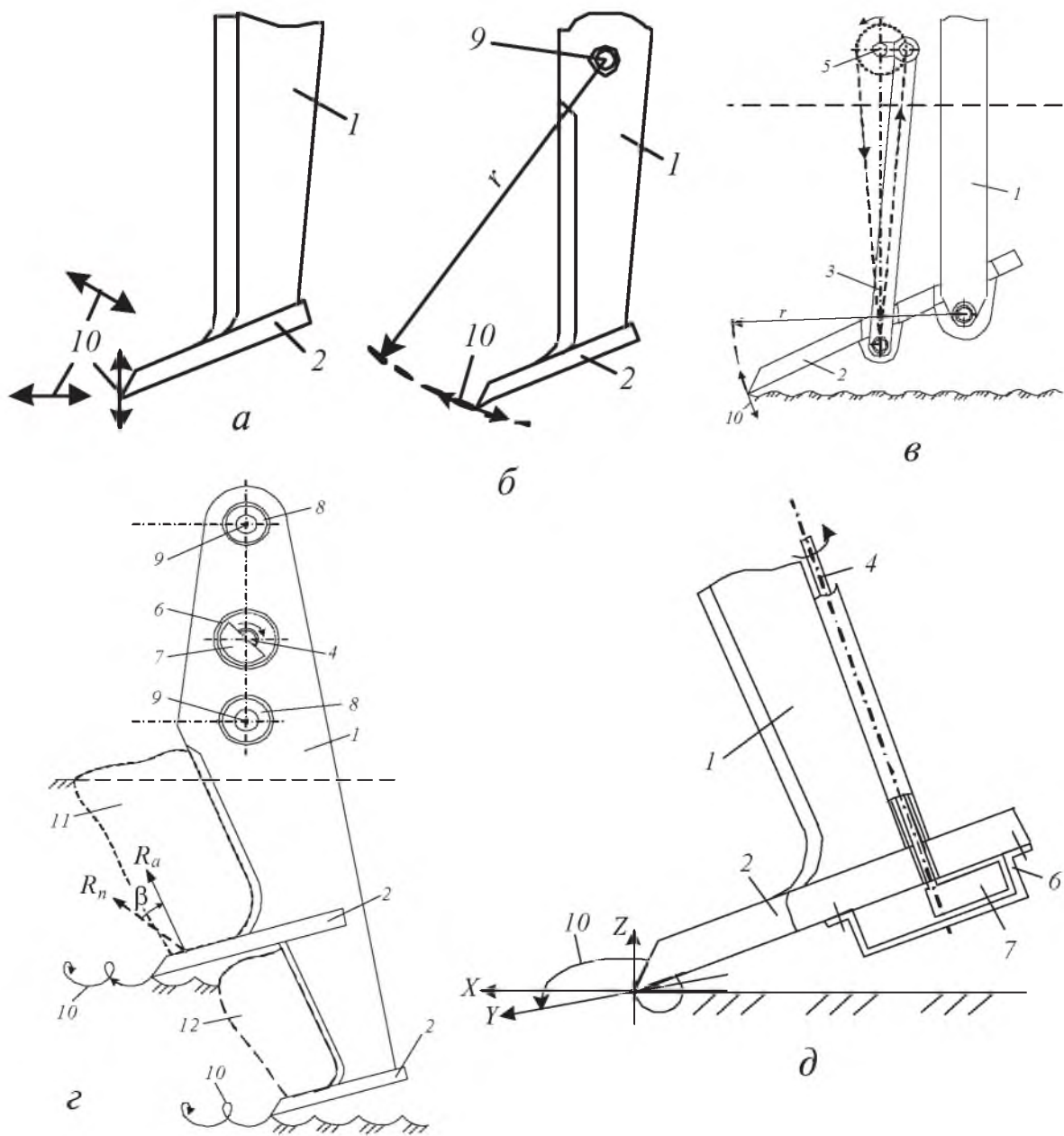


Рис. 5. Основні принципові схеми вібраційних робочих органів розпушувачів:

a – робочий орган з механізмом зворотно-поступальних коливань направленої дії; *б* – робочий орган з механізмом маятникових коливань стійки розпушувача; *в* – робочий орган з механізмом маятникових коливань долота розпушувача [4]; *г* – робочий орган з механізмом кругових коливань у площині стійки [15]; *д* – робочий орган з механізмом кругових коливань у площині долота [16]; 1 – стійка; 2 – долото; 3 – тяга силового приводу коливань; 4 – вал інерційного приводу коливань; 5 – кривошипно-шатунний або ексцентриковий привод коливань; 6 – вібратор інерційного приводу коливань від електричного або гідравлічного мотору; 7 – дебаланс; 8 – амортизатор кріплення робочого органу; 9 – вісь кріплення робочого органу; 10 – траєкторії руху ріжучої кромки долота; 11 і 12 – зони розпушення ґрунту

кругових коливань долота повертається на кут β (рис. 5, з), займаючи більш ефективне вертикальне положення – позицію середньовизначеного вектора R_a сили активного розпушування ґрунту.

Створення кругових коливань долота у площині його робочої поверхні (рис. 5, д) за технічним рішенням [16] забезпечує подвійний позитивний ефект. По-перше, збурювальна сила кругових коливань безпосередньо передається від дебалансу до ріжучого елемента, забезпечуючи саме йому максимальну амплітуду коливань. По-друге, фази коливань у напрямі руху трактора для лівих і правих ріжучих елементів (частин) робочих органів не збігаються, що забезпечує їхнє неоднчасне почергове менш енергоємне занурення в масив ґрунту.

Висновки. Глибоке розпушування важких періодично перезволожених земель, яке виконувалось в Україні у попередні роки, не забезпечувало достатньою мірою меліоративного ефекту через недосконалість робочих органів розпушувачів, які в багатьох випадках замість об'ємного розпушення та оструктурування ґрунтів здійснювали їхнє щілювання.

Для забезпечення необхідних параметрів об'ємної зони розпушення різних типів перезволожених ґрунтів доцільно використовувати схеми ступеневого розпушування, які передбачають зрізання верхніх стружок ґрунту з випередженням відносно нижніх, а також схеми з боковим зрізанням стружок по граничним лініям зони розпушення з наступним нахилом і зміщенням стружок до її центру.

Основним напрямом удосконалення меліоративних розпушувачів пасивного типу є розробка робочих органів ступеневого розпушування ґрунту стійкової та рамної конструкції, на яких ріжучі елементи верхньої ступені в напрямі руху розпушувача встановлюються з випередженням відносно ріжучих елементів нижньої ступені, а також розміщення ріжучих елементів по бокових границях зони розпушення з боковим нахилом їхніх робочих поверхонь до повздовжньої вісі робочих органів.

Перспективним напрямом подальшого вдосконалення робочих органів меліоративних розпушувачів активного типу є застосування вібраційних механізмів кругової інерційної дії.

Література

1. Тютюнник Д.А. Глибокий обробіток в меліоративному комплексі на важких перезволожених ґрунтах // Вісн. с.- г. науки. — 1977. — № 11. — С. 60—63.
2. Тютюнник Д.А. Определение параметров глубокого рыхления при комплексной мелиорации переувлажненных слабОВОдопроницаемых почв УССР // Экспресс-информ. ЦБНТИ Минводхоза СССР. Сер. 2. Вып. 9. — М., 1980. — С. 12—15.
3. Рижук С.М., Тютюнник Д.П. Мінеральні перезволожені ґрунти та їхня комплексна меліорація. — К.: Аграр. наука, 2003. — 280 с.
4. Рекомендации по проектированию и выполнению строительных работ по глубокому меліоративному рыхлению почв Нечернозёмной зоны РСФСР. — М.: Минводхоз СССР, 1981. — 61 с.
5. А. с. 1042627 (СССР). Глубокорыхлитель / В.И. Петроченко, В.И. Котовский, Д.А. Тютюнник. — Оpubл. в Б.И. — 1983. — № 35.
6. Петроченко В.И. Обоснование оптимальных параметров глубокого ступенчатого резания ґрунтов // Електротехніка і механіка: наук.-вироб. журн. — НАНУ. — 2008. — № 1. — С. 62—70.
7. Зеленин А.Н. Основы разрушения ґрунтов механическими способами. — М.: Машиностроение, 1968. — 371 с.
8. А. с. 1412608 (СССР). Способ глубокого рыхления почвы / В.И. Петроченко. — Оpubл. в Б.И. — 1988. — № 28.
9. А. с. 1482560 (СССР). Способ глубокого рыхления почвоґрунтов / В.И. Петроченко. — Оpubл. в Б.И. — 1989. — № 20.
10. Петроченко В.І. Робочі органи глибокого ступеневого різання ґрунту // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». — 2006. — Вип. 90. — С. 211—218.
11. А.с. 810102 (СССР). Рабочий орган для обработки почвы / В.С. Казаков. — Оpubл. в Б.И. — 1981. — № 9.
12. Патент України № 57432. Розпушувач ґрунту / В.І. Петроченко, П.В. Гринько, О.П. Музика. — Оpubл. в Бюл. — 2011. — № 4.
13. А. с. 1496647 (СССР). Глубокорыхлитель / В.И. Петроченко. — Оpubл. в Б.И. — 1989. — № 28.
14. А.с. 1727552 (СССР). Рыхлитель почвы / В.И. Петроченко, Ю.В. Бунча, Т.В. Рунова. — Оpubл. в Б.И. — 1992. — № 15.
15. А. с. 1477853 (СССР). Рыхлитель / В.И. Петроченко. — Оpubл. в Б.И. — 1989. — № 17.
16. А. с. 1465508 (СССР). Вибрационный землеройный рабочий орган / В.И. Петроченко. — Оpubл. в Б.И. — 1989. — № 10.

На основе многолетних теоретических и полевых исследований обоснованы перспективные схемы глубокого меліоративного рыхления почв и основные направления совершенствования рабочих органов рыхлителей пассивного и активного типа.

Building on years of theoretical and field research grounded perspective reclamation scheme of deep soil loosening and the main trends of the working bodies of the cultivators of passive and active type.