

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ГОЛЧАСТИХ РОТАЦІЙНИХ ЗНАРЯДЬ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ДОБРИВ У ШАР ҐРУНТУ

**Ветохін В.**, д-р техн. наук, доц.,

<https://orcid.org/0000-0002-7299-3094>, e-mail: [veto.vladim@gmail.com](mailto:veto.vladim@gmail.com)

**Негребецький І.**

<https://orcid.org/0000-0002-1122-4152>, e-mail: [igor.negrebetskyi@pdaa.edu.ua](mailto:igor.negrebetskyi@pdaa.edu.ua)

**Рижкова Т.**

<https://orcid.org/0000-0002-2403-6396>, e-mail: [tetiana.ryzhkova@pdaa.edu.ua](mailto:tetiana.ryzhkova@pdaa.edu.ua)

Полтавський державний аграрний університет,

**Сало Я.**,

<https://orcid.org/0000-0002-1542-0599>, e-mail: [lfilia@ukr.net](mailto:lfilia@ukr.net),

Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

**Вознюк Т.**

<https://orcid.org/0000-0002-2196-0938>, e-mail: [vozniuk.taras@gmail.com](mailto:vozniuk.taras@gmail.com),

«Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### Анотація

**Мета досліджень** – виявити тенденції технічного розвитку голчастих ротаційних засобів для впорскування (інжекування, ін'єкції) в шар ґрунту рідинних сумішей з урахуванням сутності технологічної операції, як керівної дії зі зміни стану ґрунту.

**Методи дослідження** – аналіз та узагальнення суттєвих ознак технічних рішень голчастих знарядь для обробки ґрунту та внесення рідких добрив у шар ґрунту. Для вироблення критеріїв оцінки технічних рішень попередньо аналізувалися наукові дослідження з класифікації знарядь такого типу та узагальнені тлумачення сутності технологічних операцій обробки ґрунту, внесення хімічних речовин, сівби тощо.

**Результати.** Оцінити місце конкретного знаряддя в етапі розвитку дає змогу аналіз із точки зору можливості керування процесом та ступені його виконання конкретним знаряддям. Відповідно до «Системи властивостей та показників стану ґрунту» [Ветохін 2009], будь яке внесення/вилучення речовини, енергії та/або інформації вважається керівним фактором зміни стану системи, кінцева мета якого – зміна рівня обмінних процесів та, як наслідок, зміна врожайності. Напрямок розвитку аграрних технологій і технічних знарядь, спрямованому на кардинальне зменшення витрат ресурсів, вважається збільшення інформаційної складової техногенних процесів [Ветохін, Алтибаєв 2019].

Одне з перших технічних рішень голчастих знарядь для внесення рідини шар ґрунту відоме з американського патенту 1898 року [Morris, 1898]. Метою автора винаходу є створення приладу, пристосованого для утворення лунки в ґрунті, посадки рослини та подачі води в лунку.

Сучасний стан розвитку технічних засобів ілюструється запатентованим в США, РФ та ЄС винаходом «Системи, методи та апарати для внесення сільськогосподарських рідин» [Stoller та інші, 2020], [Радтке та інші, 2020], [Levy та інші, 2015]. Якісно новий рівень досягається включенням в систему керування процесом датчиків поточного стану ґрунту. Датчики контактують з ґрунтом для моніторингу його стану, зокрема щільності, температури, вологості, відсоткового вмісту вуглецю, органічних речовин, калію, фосфору, азоту та таке інше. У системі подачі рідини кожен із випусків з'єднаний з окремими джерелами матеріалу, який вводиться, і можуть містити різноманітні рідкі матеріали, наприклад, різні типи добрив, рідкі інсектициди.

**Висновки.** Встановлено, що технічні рішення голчастих знарядь пройшли розвиток від ручних пристосувань періодичної дії до ротаційних голчастих знарядь безперервної дії для дозованого внесення комплексних добрив та одночасного розпушення ґрунту.

Наступним кроком технічного розвитку слід очікувати створення автоматизованих комплексів з ротаційними голчастими робочими органами, що здатні безперервно оцінювати стан ґрунту та керувати процесом розпушення і внесення сільськогосподарських матеріалів різними дозами вздовж кожного рядка.

Перспективний етап техніко-технологічного розвитку – створення знарядь, які напряду будуть керувати обмінним процесом в системі з шаром ґрунту. У науковому сенсі, дослідження тенденцій розвитку знарядь підтвердило раніш опубліковане теоретичне узагальнення властивостей ґрунту стосовно процесу керування його станом з мінімальними витратами ресурсів.

**Ключові слова:** голчасті ротаційні знаряддя, внесення рідких добрив, шар ґрунту, розпушення, властивості ґрунту, керування процесом.

**Вступ.** Сучасне аграрне виробництво існує в умовах протиріччя цін на витратні ресурси та цін на кінцеву продукцію. Подорожчання енергоносіїв, хімічних засобів, технічних засобів, дефіцит трудових ресурсів, накладає обмеження з одного боку, та визначає напрямок розвитку – з іншого. Раціональне внесення хімічних засобів з урахуванням нерівномірності ділянок поля, одна з ознак сучасного виробництва.

Визначення просторових коливань властивостей ґрунту та управління вхідними змінними під час операцій рільництва, наприклад, глибина посіву, внесення добрив та інших рідин у відповідні місця має підвищений інтерес виробників в останні роки.

Наукові дослідження з оцінки параметрів просторової неоднорідності показників родючості ґрунтів досить поширені [Иванов и др., 2014]. Розробляються наукові засади точного застосування добрив [Конашенков 2014]. Вивчаються біологічні особливості відгуку культур, наприклад, овочевої сівозміни, на точні системи добрив [Иванов и др., 2017]. Визначені основні принципи точного землеробства [Hasert, 2003]. Докладно вивчається економічний та екологічний потенціал сучасної аграрної техніки та методів виробництва [Rosch and others, 2005]

Однак наявні механізми для вимірювання стану ґрунту неефективно відбуваються на всій території поля або не проводяться одночасно з вхідною операцією,

наприклад, посівом [Радтке и др., 2020]. Крім того, рішення для застосування різнорідних рідин, включаючи нанесення рідини поверх насіння в борозні для посадки, може спричинити шкідливі ефекти, тобто надмірне внесення добрив, насіння. Інші рішення для застосування рідини, включаючи відкриття окремої борозни на поверхні ґрунту та внесення рідини в окрему вертикальну борозну може призвести до недостатнього використання внесених добрив.

Отже, в цій галузі техніки існує потреба в способі моніторингу стану ґрунту під час внесення сільськогосподарських матеріалів, алгоритмах обробітку інформації та ефективного застосуванні рідин під час посівної операції та протягом вегетації рослин.

Сказане потребує пошуку заходів вдосконалення та раціонального використання усіх ресурсів, задіяних в технологічному процесі отримання врожаю культур.

Голчасті ротаційні робочі органи достатньо ефективно використовуються для обробітку ґрунту з початку минулого сторіччя та до поточного часу. О. О. Коніщев, докладно вивчаючи застосування голчастих ротаційних борін, зазначав, що «в сухие годы (составляющие по северным областям Казахстана 2-3 года из 5) на стерневых полях с проведенной ранневесенней обработкой почвы выявляется достоверная прибавка урожая от 1-1,5 до 3,7-4,2 центнеров с гектара...» [Конищев, 1983]. Зазначається також, що в дуже по-

сушливі роки осіннє боронування ґрунту найчастіше є єдиною доцільною ґрунтообробною операцією.

Сучасні дослідження розглядають ефект розпушення та ефект збереження/залучення вологи під час застосування голчастого ротаційного знаряддя [Шмидт и др., 2019]. Теоретичними та практичними питаннями взаємодії голчастих знарядь з оброблюваним середовищем займалися В. О. Шейченко, В. В. Шевчук та багато інших дослідників [Шейченко та інші, 2016], [Кондрашов и др., 2018], [Шмидт и др., 2018].

Голчасті ротаційні знаряддя знайшли широке використання для операцій внесення добрив. Типове сучасне знаряддя вітчизняного виробництва представлено фірмою ВЕЛЕС-АГРО під назвою: «Агрегат інжекційного внесення рідких добрив Vulkan 6» (рис. 1) [Агрегат ..., 2021].

Ін'єкційні колеса виготовлені з нержавіючої сталі, оснащуються 12 голками з твердого сплаву, які вводять ін'єкції розчину добрив з кроком 13 см. Завдяки гумовим амортизаторам кожного робочого органа, ін'єкційні колеса повторюють рельєф поля для рівномірного проникання добрив на кожній ділянці поля [Агрегат ..., 2021].

Типове дослідження подібних агрегатів [Шустік та інші, 2021] стосується визначення техніко-технологічних показників, але не ставить за мету оцінку місця подібного технічного засобу в розвитку сучасних засобів землеробства.

**Постановка завдань.** Результати досліджень та наукового пошуку втілюються в технічних розробках. Аналітичне дослідження технічних розробок, паралельно з аналізом наукових досягнень, дасть змогу оцінити тенденції розвитку та невирішені питання. Протиріччя сучасного стану аграрного виробництва України — це застосування різноманітних знарядь та технології якісно різних етапів технологічного розвитку. Вирішення питання ускладнюється тим, що закордонні виробники пропонують знаряддя різного типу на власний ринок та на ринок України.

**Завдання роботи** - системна оцінка напрямків розвитку техніки, що дасть змогу економії часу та ресурсів на розвиток.

**Методи і матеріали.** Матеріалами та вихідними даними для дослідження стали патентні публікації з початку зародження такого типу техніки, публікації виробників та дослідників техніки, наукові дослідження в галузі механізації та агрономії рослинництва.

**Методи дослідження** — аналіз та узагальнення суттєвих ознак технічних рішень голчастих ротаційних знарядь для обробки ґрунту та внесення рідких добрив у шар ґрунту.

Для вироблення критеріїв оцінки технічних рішень попередньо аналізувалися наукові дослідження з класифікації знарядь такого типу та узагальнені тлумачення сутності технологічних операцій обробки ґрунту, внесення хімічних речовин, сівби та таке інше.



а



б

а – загальний вигляд агрегата; б – вигляд робочого органу

**Рисунок 1** – Вигляд сучасного засобу «Агрегат інжекційного внесення рідких добрив Vulkan 6» [Агрегат ..., 2021]:



**Результати.** О. Е. Ещін [Ещін, 2006] надав класифікацію знарядь для внутрішньо ґрунтового внесення добрив. Зокрема знаряддя безперервної дії поділяються на декілька груп, зокрема на ті, які суміщають внесення з обробіткою ґрунту, ротаційні, які крокують та інші.

Відповідно до «Системи властивостей та показників стану ґрунту» [Ветохін 2009] (рис. 2) будь яке внесення/вилучення речовини, енергії та/або інформації вважається керуючим фактором зміни стану системи. Має місце узагальнене тлумачення сутності технологічних операцій обробки ґрунту, внесення хімічних речовин, сівки та таке інше. Особливе місце займає отримання та обробка інформації про стан системи.

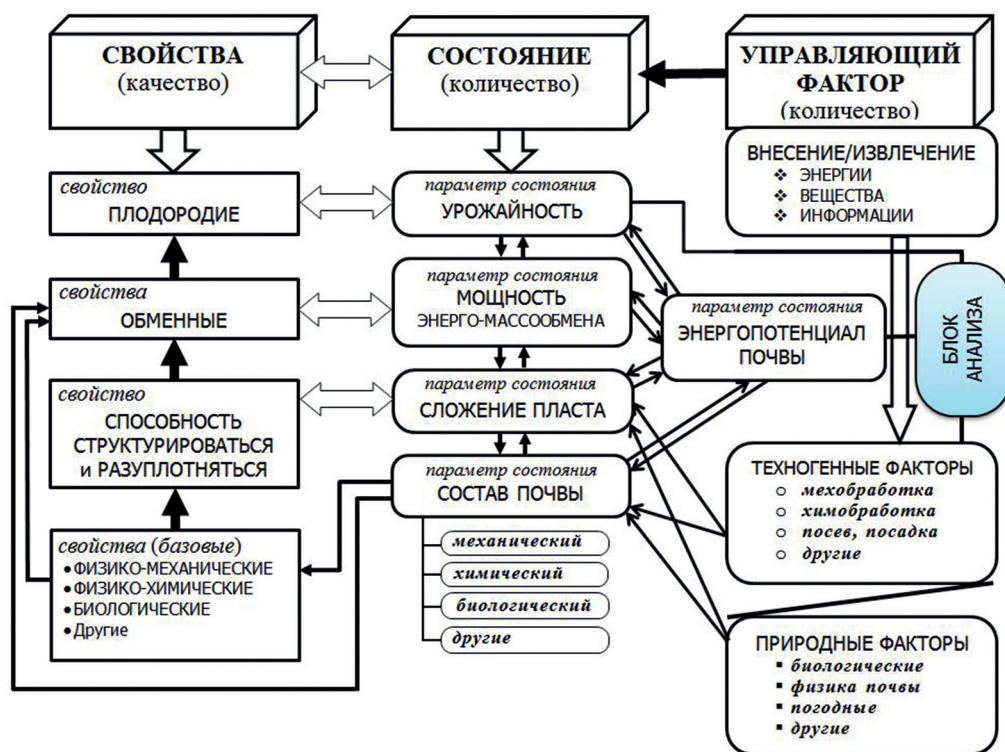
Керівна дія, тобто внесення/вилучення речовини-енергії-інформації, спрямована на використання базових властивостей ґрунту та зміну структури елементів системи. Можливість керування базується на природних властивостях систем. Властивістю вважається здатність змінювати/зберігати стан під зовнішнім впливом. Наприклад, здатність ґрунту змінювати структуру, ущільнюватися/розущільнюва-

тися — одна з властивостей системи. Дії з кількісної зміни стану системи розглядаються як керівний фактор, кінцева мета якого — зміна рівня обмінних процесів та, як наслідок, зміна врожайності.

Отже, застосуванням голчастих ротаційних знарядь відбувається керівна дія кришенням ґрунту та внесенням речовини. Додатково створюються умови для зменшення втрат вологи, залучення вологи з навколишнього середовища (сухе зрошення) та інші.

Напрямок розвитку аграрних технологій і технічних знарядь, спрямованому на кардинальне зменшення витрат ресурсів, вважається збільшення інформаційної складової техногенних процесів [Ветохін, Алтибаєв 2019]. У дослідженні О. О. Конашенкова [Конашенков, 2014], з посиланнями [Herbst, 2008] показано зростання впливу інформаційної складової зі збільшенням нерівномірності стану ґрунту на полі. Досліджувався відгук культур на точні системи удобрення [Іванов та інші 2017].

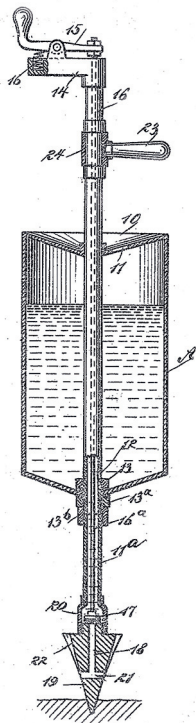
Зазначені «Система властивостей ґрунту ...» та «Аналіз властивостей ґрунту стосовно процесу управління» надають



**Рисунок 2** – Схема системи властивостей та станів ґрунту [Ветохін, 2009]

критерії оцінки технічних рішень, методичний підхід до аналізу розвитку технічних засобів для внесення хімічних компонентів та рідини в шар ґрунту.

Одне з перших технічних рішень голчастих знарядь для внесення рідини в шар ґрунту викладено в описі до американського патенту № 612745



**Рисунок 3** – Вигляд засобу «Прис- тосування для посадки рослин» за патентом US612745 [Morris, 1898]

1898 року «Прис- тосування для посадки рослин» [Morris, 1898] (рис. 3). Метою автора винаходу є створення приладу, спеціально пристосованого для утворення лунки в землі, посадки рослини та подачі води в лунку для зволоження коренів рослини, яка має бути пересаджена.

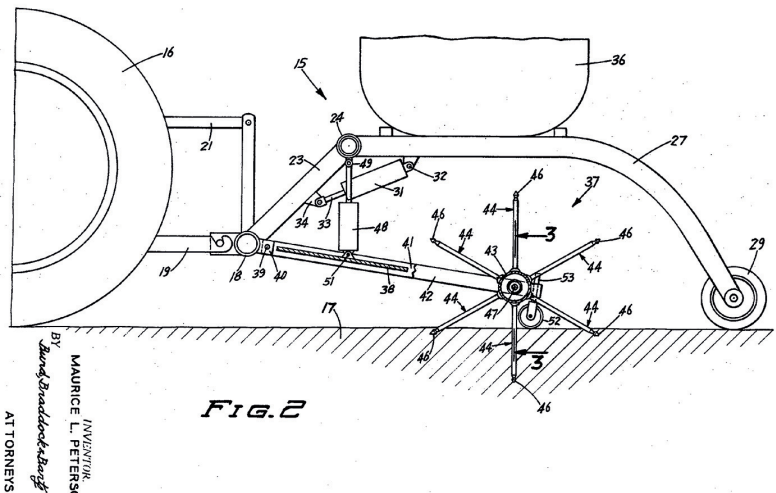
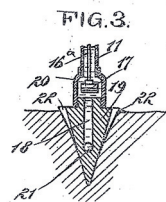
Така мета винаходу напряду зв’язана з поточною потребою рослини.

Подібні рішення відомі, зокрема за патентом US2867943A «Tree injection device» (Пристрій для ін’єкції дерев) [Whitesell 1957].

Вказані знаряддя, за відомою класифікацією [Ещин 2006], відносяться до знарядь періодичної дії, яка пов’язана з обмеженням продуктивності.

Перехід до знарядь безперервної дії, а саме ротаційних знарядь, можливо віднести до технічного рішення «Хімічний аплікатор», заявка 1969 року [Peterson, 1971], (рис. 4).

Відповідно до анотації винаходу виділяються такі основні елементи: «Машина для впорскування рідких хімічних речовин у землю, яка має ряд інжекторних блоків з обертовими барабанами, які мають шипи, пристосовані для проникнення в землю.



**Рисунок 4** – Вигляд засобу «Хімічний аплікатор» за патентом US 3602166 [Peterson, 1971]

Кожен шип має наконечник для дозування з випускним клапаном, який функціонує, щоб випускати рідкі хімічні речовини, коли шип перебуває в нижньому положенні для проникнення в землю. Механізм управління клапаном функціонує для відкриття клапана, коли шип знаходиться в нижньому положенні, і закриття клапана, коли шип знаходиться в верхньому положенні, виходячи із землі».

Метою винаходу є створення машини, здатної вносити рідкі хімічні речовини на поля в будь-яких умовах, включаючи луки та поля, які містять велику кількість сміття. Іншою метою винаходу є створення пристрою для ін’єкції рідини. Він не замерзає та не забивається ґрунтом під час використання, забезпечує форсунку рідиною із запірними клапанами, розташованими на вершині шипів, забезпечує максимальне введення хімічної речовини в ґрунт [Peterson, 1971].

Зазначимо, що серед джерел, які взяті до уваги під час експертизи, міститься описаний вище патент «Plant-setting implement» [Morris, 1898].

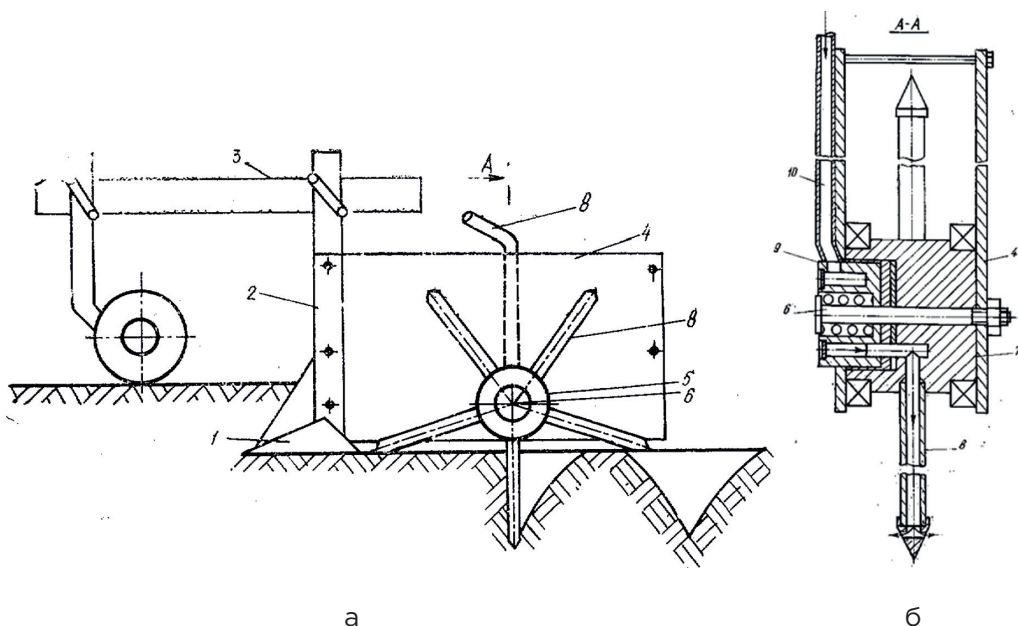
Описані вище удосконалення не пов’язані з оцінкою поточного стану ґрунту на конкретній ділянці поля та не нівелюють факторів обмеження росту рослин.

Розвиток технічного рішення «Хімічний аплікатор» [Peterson, 1971], відносно глибокого внесення рідини у ґрунт, запропоновано у рішенні «Пристрій для глибо-

кого осередкового внесення рідких добрив у ґрунт» [Бондарев, Ефименко, 1981] (рис. 5).

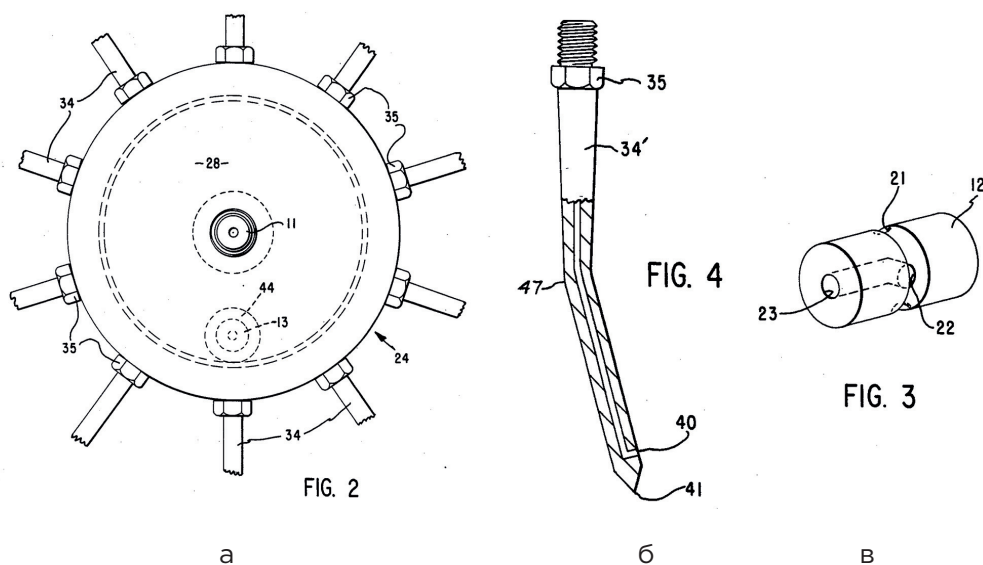
Зазначене «Устройство для глубокого очагового внесения жидких удобрений в почву» включає барабан з порожнистими голками і систему подачі рідини до них, забезпечений розпушувальною лапою, яка встановлена перед барабаном, і двома щитками, які встановлені з двох сторін барабана. Пристрій містить систему підведення та перемикання рідини з торцевим розміщенням, подібно до сучасних серійних знарядь (рис. 5 б).

Відомий «Інжектор добрив» [Overocker, 1987] має основні ознаки сучасних знарядь, які серійно виробляються (рис. 6). Автор виділяє основні ознаки пристрою для внесення рідкого добрива в ґрунт, який прилягає до коренів просапних культур. Радіально розташовані форсунки, встановлені на обертовій маточині, послідовно проходять розподільник, з якого рідке добриво надходить у спицю, а звідти - в ґрунт.



а - схематичне зображення пристрою, вигляд збоку; б - схематичний розтин А-А, вигляду збоку

**Рисунок 5** - Вигляд засобу «Устройство для глубокого очагового внесения жидких удобрений в почву» за патентом SU 3602166 [Бондарев, Ефименко, 1981]

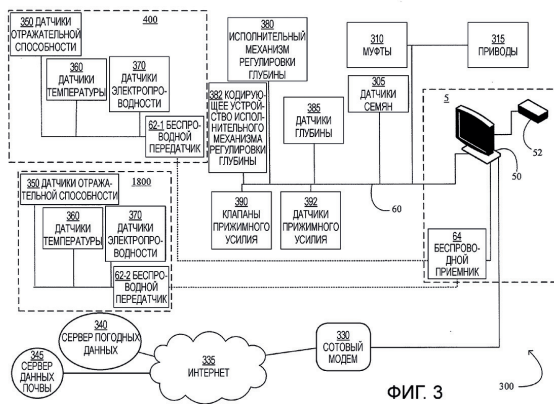


а - схематичне зображення пристрою, вигляд збоку; б - вигляд голки; в - ілюстративний вигляд дозувальної втулки

**Рисунок 6** - Вигляд засобу «Інжектор добрив» за патентом US4649836A [Overocker, 1987]

Якісно новий рівень технічних рішень внесення добрив під час посівної операції досягається включенням в систему керування датчиків стану ґрунту. У технічному рішенні «Системы, способы и устройство для внесения сельскохозяйственных жидкостей» [Радтке и др., 2020] (рис. 7), різні датчики розміщені в компонентах

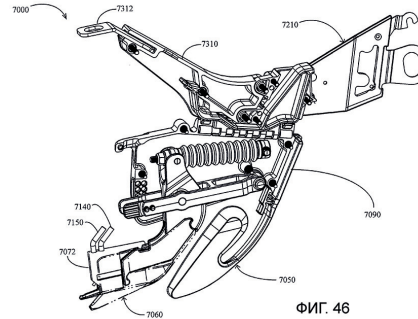




а

а – схематично ілюструє варіант системи моніторингу ґрунту; б - вигляд вузла внесення рідини з деякими компонентами, вирізаними та/або не показаними для ясності, та з корпусом його крила, показаним пунктирними лініями

**Рисунок 7** – Вигляд засобу «Системы, способы и устройство для внесения сельскохозяйственных жидкостей» [Радтке и др., 2020]



ФІГ. 46

б

вимірювань та оціночних значень даних ґрунту представлено блоками. За таких умов, кожен блок має колір або малюнок, що зв'язує блок з діапазонами вимірювань. Вікно карти відображає показники стану ґрунту, зокрема вміст вуглецю, органічної речовини, електро-

знаряддя, які контактують з ґрунтом, для моніторингу стану ґрунту, зокрема щільності, температури, вологості, відсоткового вмісту вуглецю, органічних речовин, калію, фосфору, азоту та таке інше.

Системи подачі рідини пристосовані для впорскування рідини в ґрунт, яка прилягає до борозни для посіву насіння, утвореної вузлом сівалки. Кожен із випусків для рідини з'єднаний з окремими джерелами матеріалу, який вводиться, і можуть містити різні типи добрив, рідкі інсектициди. Винахід підвищить ефективність внесення добрив під час сівби.

До переліку технічних рішень, на яких базується винахід «Системы, способы и устройство ...» [Радтке и др., 2020] входить описане вище «Устройство для глубокого очагового внесения жидких удобрений в почву» SU835334A [Бондарев, Ефименко, 1981].

З точки зору керування, якісну відмінність запропонованої «Системы, ...», становить наявність ланцюгів зворотного зв'язку, накопичення та обробки даних. Алгоритм обробки даних розкритий недостатньо.

Частина візуалізації контрольно-вимірювального пристрою «Системы...» виконано з можливістю відображення одного або більше вікон карти, в якому безліч

провідність, компоненти ґрунту, включаючи азот, фосфор та калій, вологість та температуру ґрунту. У вікні карти площі поля можуть бути графічно представлені пікселями або блоками, пов'язаними кольором або малюнком з підмножинами легенди [Радтке и др., 2020].

Первісні заявка винаходу [Радтке и др., 2020] подана також до Міжнародного бюро World Intellectual Property Organization [Levy and others, 2016], та отримано патент Сполучених Штатів [Stoller and others, 2020].

**Обговорення.** Сучасні дослідження розглядають ефект розпушення та ефект збереження/залучення вологи під час застосування голчастого ротаційного знаряддя [Шмидт и др., 2018], [Шмидт и др., 2019].

О. О. Коніщев, докладно вивчаючи застосування голчастих ротаційних борін зазначав, що «в сухие годы (составляющие по северным областям Казахстана 2-3 года из 5) на стерневых полях с проведенной ранневесенней обработкой почвы выявляется достоверная прибавка урожая от 1-1,5 до 3,7-4,2 центнеров с гектара...» [Конищев, 1983]. Зазначається також, що в дуже засушливі роки осіннє боронування ґрунту найчастіше є єдиною доцільною ґрунтообробною операцією.

Зазначені дослідження відбувалися без урахування частки ефекту від внесен-

ня добрив. Однак локальне підвищення вмісту в шарі ґрунту сольових розчинів, яке становить основу мінеральних добрив, здатне залучати в шар ґрунту вологу з повітря. Має місце каталізатор ефекту сухого зрошення.

Навпаки, дослідження ефективності знарядь для внесення добрив проводиться без урахування частки ефекту від структурування та кришення ґрунту.

Значна кількість дослідників [Hasert G, 2003] [Herbst R., Rettberg T., 2005] акцентують увагу на тому, що сучасні технології засновані на поточній оцінці показників стану ґрунту та керування діями в концепції точного землеробства.

У сенсі методики побудови наукових досліджень доцільно порівнювати ефективність застосування знарядь у 3-х варіантах, а саме:

1-й варіант – відбуваються всі технологічні дії з вирощування культури без застосування голчастого ротаційного знаряддя

2-й варіант - голчасте ротаційне знаряддя застосовується без внесення речовини (добрив);

3-й - голчасте ротаційне знаряддя застосовується з внесенням комплексних добрив.

**Висновки.** Технічні рішення голчастих знарядь пройшли розвиток від ручних пристосувань періодичної дії до ротаційних голчастих знарядь безперервної дії, для дозованого внесення комплексних добрив та одночасного розпушення ґрунту.

Сучасні знаряддя ротаційного типу, завдяки високому кліренсу та незалежній підвісці робочих органів, можуть застосовуватися для ротаційного мотикування, розпушення ґрунту та підживлення рослин у різні фази вегетації просапних та культур суцільного посіву, також наближено до фаз формування врожаю.

Наступним кроком технічного розвитку слід очікувати створення автоматизованих комплексів з ротаційними голчастими робочими органами, які здатні безперервно оцінювати стан ґрунту та здійснювати розпушення і внесення сільськогосподар-

ських матеріалів різними дозами вздовж кожного рядка. Така дія має відбуватися логікою керування з урахуванням потреб культури у різних стадіях вегетації рослини.

У науковому сенсі, дослідження тенденцій розвитку технічних рішень знарядь для внесення рідких добрив у шар ґрунту підтвердило раніш опубліковане теоретичне узагальнення властивостей ґрунту стосовно процесу управління його станом з мінімальними витратами ресурсів.

Відносно удосконалення методики наукових досліджень доцільно порівнювати ефективність застосування знарядь, поділивши ефект від структурування шару ґрунту робочими органами та ефект від внесення речовини.

## Перелік літератури

Агрегат інжекційного внесення рідких добрив Vulkan 6 (навісний). ООО «ВЕЛЕС-АГРО Лтд.» 65013, Україна, Одеса, Ніколаєвська дорога, 253. Інтернет-сторінка: [https://www.velesagro.com/products/vulkan\\_liquid\\_fertilizer\\_injection\\_unit/270/](https://www.velesagro.com/products/vulkan_liquid_fertilizer_injection_unit/270/)

Бондарев В. А., Ефименко М. П. (1981) Устройство для глубокого очагового внесения жидких удобрений в почву. Авторське свідоцтво SU835334

Ветохин В. И. (2009) Систематизация свойств почвы как элемент теории проектирования почвообрабатывающих орудий и технологий. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. науков. праць. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, (13(27)), 2, 30-38.

Ветохин В., Алтибаев А. (2017) Анализ властивостей ґрунту стосовно процесу управління його станом з мінімальними витратами ресурсів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого (21(35)). 332-338.

Ещин А.В. (2006) Внутрипочвенное



внесение минеральных удобрений в многолетних насаждениях. (автореф. дис. ... кандидата технических наук, Москва, ГНУ ВСТИСиП, 28

Иванов А. И., А. А. Конашенков, Хомяков Ю.В., Фоменко Т. Г., Федькин И. А. (2014) Оценка параметров пространственной неоднородности показателей плодородия дерново-подзолистых почв. *Агрохимия*, 2, 39-49.

Иванов А. И., Лапа В. В., Конашенков А. А., Иванова Ж. А. (2017). Биологические особенности ответа культур овощного севооборота на точные системы удобрения. *Сельскохозяйственная биология*, 52 (3), 454-463.

Конашенков А. А. (2014) Научное обоснование систем удобрения для прецизионного применения в условиях северо-запада России (автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук). *Агрофиз. науч.-исслед. ин-т РАН. Санкт-Петербург*.

Кондрашов В. А., Ковалев М. М., Перов Г.А. (2018). Исследование работы игольчатой бороны при движении по почве. *Агротехника и энергообеспечение*, (3 (20)), 107-115.

Конищев А.А. (1983) Обоснование параметров рабочих органов игольчатой бороны для обработки почвы на стерневых фонах (автореф. дис. ... канд. техн. наук). *ВНИИЗХ. Шортланды, Казахстан*.

Радтке И., Столлер Д., Макмахон Б., Стрнад М., Кох Д., Морган М., Леман Т., Уайлдермут П., Кох Д. (2020) Системы, способы и устройство для внесения сельскохозяйственных жидкостей. Патент RU2734483C2, 2015-06-15, 2020-10-16, ПРЕСИЖН ПЛЭНТИНГ ЭлЭлСи (US), ФСИС РФ

Шейченко В. О., Хайліс Г. А., Шевчук В. В., Шевчук М. В. (2016). Дослідження тягового опору голчастої бороны. *Механізація та електрифікація сільськогосподарства : загальнодерж. наук. зб., Глеваха*, (3(102)). 44–53.

Шмидт А. Н., Лучинович А. А., Союнов А. С., Зарипова Н. А., Прокопов С. П., Головин А. Ю., & Щербакова А. Г.

(2018). Характеристика работы игольчатых дисковых рабочих органов. *Вестник Омского государственного аграрного университета*, (3 (31)), 95-102.

Шмидт А. Н., Кузьмин Д. Е., Мяло В.В., Союнов А.С. (2019). Особенности ранневесеннего влагосбережения. *Вестник Омского государственного аграрного университета*, (1 (33)), 162-167.

Ehlert, D. (1994): Technik und Verfahren der kleinrindigen Bestandesführung – Handlungsbedarf. In: *KTBL-Arbeitspapier* 210, 64–72

Hasert G. (2003) *Zukunftsträchtiger Ackerbau*. Berlin: Deutscher Bauerverlag, 207.

Herbst R., Lamp J. (1998) Zur kleinräumigen Heterogenität der Böden Deutschlands und zum Akzeptanzpotential der Teilflächenbewirtschaftung. *Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL-Verlag, Darmstadt*. 264, 33-41.

Herbst R., Rettberg T. (2005) Mehr Präzision möglich. Teilflächenspezifische Grundung bisher zu wenig beachtet. *Neue Landwirtschaft*. 2. 44-47.

Levy K., Radtke I., Leman T. (2016) Systems, methods, and apparatus for agricultural liquid application WO2016/205421A1 2015-06-15 Priority to US201562175920P 2016-06-15 Application filed by Precision Planting Llc 2016-12-22 Publication of WO2016205421A1WIPO

Morris, J. (1898) Plant-setting implement. Patent US 612745A. Patent and Trademark Office.

Overocker L. (1987) Fertilizer injector. Patent US 4649836A 1985-09-03. 1987-03-17.

Peterson, M. (1971) Chemical applicator. Patent US3602166A. United States

Rosch C., Dusseldorp M., Meyer R. (2005) Precision Agriculture / Moderne Agrartechniken Und Produktionsmethoden – Okonomische Und Okologische Potenziale. - Bericht zum TA-Projekt/ Вьро Ёьр Technikfolgen-Abschätzung Beim Deutschen Bundestag. *Arbeitsbericht*. 106. 205

Stoller J., Koch J., McMahon B., Sauder D., Radtke I., Strnad M., Koch D., Morgan M., Leman T., Wildermuth P. (2020) Liquid application apparatus comprising a seed firmer.

Patent US 10785905 B2. 2014-05-08. 2020-09-29. Precision Planting Llc.

Whitesell, Albert. (1957) Tree injection device. Patent US 2867943A

## References

Bondarev V.A., Efimenko M.P. (1981) Device for deep focal application of liquid fertilizers into the soil. Author's certificate SU835334

Eshchin A.V. (2006) Intrasoil application of mineral fertilizers in perennial plantations. Abstract of the thesis. ... candidate of technical sciences, Moscow, GNU VSTISiP, 28

Ehlert, D. (1994): Technik und Verfahren der kleinräumigen Bestandesführung – Handlungsbedarf. In: KTBL-Arbeitspapier 210, 64–72

Hasert G. (2003) Zukunftsträchtiger Ackerbau. Berlin: Deutscher Bauerverlag, 207.

Herbst R., Lamp J. (1998) Zur kleinräumigen Heterogenität der Boden Deutschlands und zum Akzeptanzpotential der Teilflächenbewirtschaftung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL-Verlang, Darmstadt. 264, 33-41.

Herbst R., Rettberg T. (2005) Mehr Präzision möglich. Teilflächenspezifische Grundung bisher zu wenig beachtet. Neue Landwirtschaft. 2. 44-47.

Ivanov A. I., A. A. Konashenkov, Khomyakov Yu. V., Fomenko T. G., Fed'kin I. A. (2014) Assessment of the parameters of the spatial heterogeneity of the fertility indicators of sod-podzolic soils. *Agrochemistry*, 2, 39-49.

Ivanov A. I., Lapa V. V., Konashenkov A. A., & Ivanova Zh. A. (2017). Biological characteristics of the response of crops of vegetable crop rotation to precise fertilization systems. *Agricultural Biology*, 52 (3), 454-463.

Konashenkov A. A. (2014) Scientific substantiation of fertilization systems for precision application in the conditions of the northwest of Russia (abstract of thesis ... Doctor of Agricultural Sciences). *Agrofiz. nauch.-issled.* Institute of RAS. Saint Petersburg.

Kondrashov V. A., Kovalev M. M., Perov G. A. (2018). Study of the work of the needle harrow when driving on the soil. *Agrotech-*

*tics and energy supply*, (3 (20)), 107-115.

Konischev A. A. (1983) Substantiation of the parameters of the working bodies of a needle harrow for tillage on stubble backgrounds (abstract of thesis ... candidate of technical sciences). *ARRIAH. Shortandy, Kazakhstan.*

Levy Kent, Radtke Ian, Leman Tracy (2016) Systems, methods, and apparatus for agricultural liquid application WO2016/205421A1 2015-06-15 Priority to US201562175920P 2016-06-15 Application filed by Precision Planting Llc 2016-12-22 Publication of WO2016205421A1WIPO

Morris, Joseph. (1898) Plant-setting implement. Patent US 612745A. Patent and Trademark Office.

Overocker Lyle (1987) Fertilizer injector. Patent US 4649836A 1985-09-03. 1987-03-17.

Peterson, Maurice. (1971) Chemical applicator. Patent US3602166A. United States

Rosch C., Dusseldorp M., Meyer R. (2005) Precision Agriculture / Moderne Agrartechniken Und Produktionsmethoden – Okonomische Und Okologische Potenziale. - Bericht zum TA-Projekt/ Върго Фър Technikfolgen-Abschätzung Beim Deutschen Bundestag. Arbeitsbericht. 106. 205

Radtke I., Stoller J., McMahon B., Strnad M., Koch D., Morgan M., Lehman T., Wildermouth P., Koch J. (2020) Agricultural fluid application systems, methods and apparatus. Patent RU2734483C2, 2015-06-15, 2020-10-16, PRESIGN PLANTING ELSI (US), FSIS RF

Schmidt A. N., Luchinovich A. A., Soyunov A. S., Zaripova N. A., Prokopov S. P., Golovin A. Yu., & Shcherbakova A. G. (2018). Characteristics of the operation of needle disk working bodies. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*, (3 (31)), 95-102.

Schmidt A. N., Kuzmin D. E., Myalo V. V., & Soyunov A. S. (2019). Features of early spring moisture saving. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*, (1 (33)), 162-167.

Sheychenko V. O., Khailis G. A., Shevchuk V. V., Shevchuk M. V. (2016). Preslidzhennya traction support of the bare harrow. *Mechanizatsion and elektrifikatsiya silskogo gospodarstva: zagalnost. sciences. zb. Glevakha*, (3 (102)). 44-53.

Stoller J., Koch J., McMahon B., Sauder D., Radtke I., Strnad M., Koch D., Morgan M., Leman T., Wildermuth P. (2020) Liquid application apparatus comprising a seed firmer. Patent US 10785905 B2. 2014-05-08. 2020-09-29. Precision Planting Llc.

Vetokhin V. (2009) Systematization of soil properties as an element of the theory of design of tillage implements and technologies. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine: Coll. Scientific Works. Doslidnytske: L. Pogorilyy UkrNDIPVT., (13 (27)), 2, 30-38.

Vetokhin V., Altybayev A. (2017) Anal-

ysis of soil properties in relation to the process of managing its condition with minimal resource costs. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine: a collection of sciences. etc. Doslidnytske: L. Pogorilyy UkrNDIPVT (21 (35)). 332-338.

Vulkan 6 liquid fertilizer injection unit (mounted). LLC «VELES-AGRO Ltd.» 65013, Ukraine, Odessa, Nikolaev road, 253. Website: [https://www.velesagro.com/products/vulkan\\_liquid\\_fertilizer\\_injection\\_unit/270/](https://www.velesagro.com/products/vulkan_liquid_fertilizer_injection_unit/270/)

Whitesell, Albert W. (1957) Tree injection device. Patent US 2867943A

UDC 631.333: 631.334

## ANALYTICAL REVIEW OF TECHNICAL SOLUTIONS OF NEEDLE ROTARY TOOLS FOR APPLYING LIQUID FERTILIZERS TO THE SOIL LAYER

**Vetokhin V.**, D-r of Tech. Scs, Associate Prof.,

<https://orcid.org/0000-0002-7299-3094>, e-mail: [veto.vladim@gmail.com](mailto:veto.vladim@gmail.com)

**Negrebetsky I.**

<https://orcid.org/0000-0002-1122-4152>, e-mail: [igor.negrebetskyi@pdaa.edu.ua](mailto:igor.negrebetskyi@pdaa.edu.ua)

**Ryzhkova T.**

<https://orcid.org/0000-0002-2403-6396>, e-mail: [tetiana.ryzhkova@pdaa.edu.ua](mailto:tetiana.ryzhkova@pdaa.edu.ua)

Poltava State Agrarian University,

**Salo Y.**,

<https://orcid.org/0000-0002-1542-0599>, e-mail: [lfilia@ukr.net](mailto:lfilia@ukr.net),

Lviv branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT,

**Voznyuk T.**

<https://orcid.org/0000-0002-2196-0938>, e-mail: [vozniuk.taras@gmail.com](mailto:vozniuk.taras@gmail.com),

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

### Summary

*The purpose of the research is to identify trends in the technical development of needle rotary means for injecting liquid mixtures into the soil layer, taking into account the essence of the technological operation, as a control action to change the state of the soil.*

*Research methods* - analysis and generalization of essential features of technical solutions of needle tools for processing and applying liquid fertilizers to the soil layer. In order to develop criteria for evaluating technical solutions, scientific research on the classification of tools of this type and generalized interpretations of the essence of technological operations of tillage, application of chemicals, sowing, etc. were preliminary analyzed.

*Research results.* An analysis from the point of view of the possibility of controlling the process and the degree of its implementation by a specific instrument allows to assess the place of a specific tool in the development stage. In accordance with the “System of properties and indicators of soil condition” [Vetokhin 2009], any introduction / extraction of matter, energy and / or information is considered a



controlling factor in changing the state of the system, the ultimate goal of which is to change the level of metabolic processes and, as a result, to change the yield. An increase in the information component of processes is considered to be a tendency in the development of agricultural technologies and technical means aimed at a radical reduction in resource consumption [Vetokhin, Altybaev 2019].

One of the first technical solutions of needle tools for applying liquid to the soil layer is known from the American patent of 1898 [Morris, 1898]. The aim of the inventor is to provide a device adapted to form a hole in the soil for receiving a plant and supplying water to the hole.

The current state of the development of technical means is illustrated by the invention, patented in the USA, RF and EU, "Systems, methods and devices for the introduction of agricultural liquids" [Stoller et al., 2020], [Radtke et al., 2020], [Levy et al., 2015]. A qualitatively new level is achieved by the inclusion of sensors of the current state of the soil in the process control system. Sensors come in contact with the soil to monitor its condition, in particular, density, temperature, humidity, percentage of carbon, organic matter, potassium, phosphorus, nitrogen, etc. In a fluid delivery system, each of the outlets is connected to separate sources of input material and may contain dissimilar fluid materials, for example, different types of fertilizers, liquid insecticides.

**Conclusions.** It has been established that the technical solutions of needle tools have been developed from manual devices of periodic action to rotary needle tools of continuous action for dosed application of complex fertilizers and simultaneous loosening of the soil.

The next step in technical development is to expect the creation of automated complexes with rotary needle working bodies, which are able to continuously assess the condition of the soil and control the process of loosening and applying agricultural materials with different doses along each row.

A promising stage of technical and technological development is the creation of means that will directly control metabolic processes in a system with a layer of soil.

In a scientific sense, the study of trends in the development of technical means confirmed the previously published theoretical generalization of soil properties in relation to the process of managing its condition with minimal resource costs.

**Key words.** needle rotary tools, application of liquid fertilizers in the soil layer, loosening of the soil, soil properties, process control.

УДК 631.333: 631.334

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИГОЛЬЧАТЫХ РОТАЦИОННЫХ ОРУДИЙ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ В СЛОЙ ПОЧВЫ

**Ветохин В.**, д-р техн. наук, доц.,

<https://orcid.org/0000-0002-7299-3094>, e-mail: veto.vladim@gmail.com

**Негребецкий И.**

<https://orcid.org/0000-0002-1122-4152>, e-mail: igor.negrebetskyi@pdaa.edu.ua

**Рыжкова Т.**

<https://orcid.org/0000-0002-2403-6396>, e-mail: tetiana.ryzhkova@pdaa.edu.ua

Полтавский государственный аграрный университет,

**Сало Я.**,

<https://orcid.org/0000-0002-1542-0599>, e-mail: lfilia@ukr.net,

Львовский филиал УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого,

**Вознюк Т.**

<https://orcid.org/0000-0002-2196-0938>, e-mail: vozniuk.taras@gmail.com,

«Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

**Аннотация**

**Цель исследований** – выявить тенденции технического развития игольчатых ротационных средств для впрыскивания (инжектирования, инъекции) в пласт грунта жидких смесей с учетом сущности технологической операции, как управляющего действия по изменению состояния почвы.

**Методы исследования** – анализ и обобщение существенных признаков технических решений игольчатых орудий для обработки и внесения жидких удобрений в слой почвы. С целью выработки критериев оценки технических решений, предварительно анализировались научные исследования по классификации орудий данного типа и обобщенные толкования сущности технологических операций обработки почвы, внесения химических веществ, посева и т. д.

**Результаты.** Оценить место конкретного орудия в этапе развития позволяет анализ с точки зрения возможности управления процессом и степени его осуществления конкретным орудием. В соответствии с «Системой свойств и показателей состояния почвы» [Ветохин 2009] любое внесение/извлечение вещества, энергии и/или информации считается управляющим фактором изменения состояния системы, конечная цель которого – изменение уровня обменных процессов и, как следствие, изменение урожайности. Тенденцией развития аграрных технологий и технических средств, направленное на кардинальное уменьшение расходов ресурсов, считается увеличение информационной составляющей процессов [Ветохин, Алтыбаев 2019].

Одно из первых технических решений игольчатых орудий для внесения жидкости в слой почвы известно из американского патента 1898 года [Morris, 1898]. Целью автора изобретения является создание прибора, приспособленного для образования лунки в почве, посадки растения и подачи воды в лунку.

Современное состояние развития технических средств иллюстрируется запатентованным в США, РФ и ЕС изобретением «Системы, методы и аппараты для внесения сельскохозяйственных жидкостей» [Stoller and others., 2020], [Радтке и др., 2020], [Levy and others, 2015]. Качественно новый уровень достигается включением в систему управления процессом датчиков текущего состояния почвы. Датчики контактируют с почвой, для мониторинга ее состояния, в частности, плотности, температуры, влажности, процентного содержания углерода, органических веществ, калия, фосфора, азота и т. д. В системе подачи жидкости каждый из выпусков соединен с отдельными источниками вводимого материала и может содержать разнородные жидкие материалы, например, разные типы удобрений, жидкие инсектициды.

**Выводы.** Установлено, что технические решения игольчатых орудий прошли развитие от ручных приспособлений периодического действия до ротационных игольчатых орудий непрерывного действия для дозированного внесения комплексных удобрений и одновременного рыхления почвы.

Следующим шагом технического развития следует ожидать создание автоматизированных комплексов с ротационными игольчатыми рабочими органами, которые способны непрерывно оценивать состояние почвы и управлять процессом рыхления и внесения сельскохозяйственных материалов разными дозами вдоль каждого ряда.

Перспективный этап технико-технологического развития – создание средств, которые будут напрямую управлять обменными процессами в системе со слоем почвы.

В научном смысле исследование тенденций развития технических средств подтвердило ранее опубликованное теоретическое обобщение свойств почвы относительно процесса управления ее состоянием с минимальными затратами ресурсов.

**Ключевые слова:** игольчатые ротационные орудия, внесение жидких удобрений, слой почвы, рыхление, свойства почвы, управление процессом.