



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-13

УДК 631.31

І. О. Чижиков, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3022-4828

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: ivan.chyzykov@tsatu.edu.ua, тел.: (097)7385136

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ СМУГОВОЇ ГРЯДИ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА В УМОВАХ ГРУНТОВОГО КАНАЛУ

Анотація. На сьогодні в Україні для закладання нових плодкових насаджень, реконструкції існуючих, а також збільшення можливості експорту саджанців плодкових культур розсадницькими господарствами існує проблема дефіциту садивного матеріалу вітчизняного виробництва, яка обумовлена низкою причин, серед яких можна відзначити низький матеріально-технічний рівень забезпечення розсадників. В статті наведено методику та результати експериментальних досліджень з визначення впливу параметрів положення робочого органу глибокорозпушувача для формування смуги, яка є частиною гряди для вирощування плодкових саджанців в умовах ґрунтового каналу.

Визначено закономірність зміни енергоємності процесу формування смуги та якості її ґрунту в залежності від параметрів положення робочого органу.

Ключові слова: розсадництво, смугова гряда, тяговий опір, параметри положення, глибокорозпушувач.

Постановка проблеми. На сьогодні в Україні для закладання нових плодкових насаджень, реконструкції існуючих, а також збільшення можливості експорту саджанців плодкових культур розсадницькими господарствами існує проблема дефіциту садивного матеріалу вітчизняного виробництва, яка обумовлена низкою причин, серед яких можна відзначити низький матеріально-технічний рівень забезпечення розсадників [1-6], а також невідповідність товарної якості саджанців вимогам міжнародних стандартів [7, 8]. Останній недолік суттєво залежить від дотримання біоструктурних показників якості плодкових саджанців на етапах вирощування, викопування та зберігання [9]. Тому, пошук та апробація нових схем закладання розсадника, удосконалення існуючих та розроблення нових засобів механізації для



вирощування садивного матеріалу є пріоритетними напрямками вирішення означених проблем.

Аналіз останніх досліджень. У дослідженні [7] автором запропоновано технологію вирощування саджанців плодових культур на смугових грядках без пересаджування підщеп за схемою 140x70x15...20 см. Ця технологія передбачає створення сприятливих умов в ґрунтовому шарі смугової грядки для розвитку кореневої системи майбутніх саджанців шляхом обробітку ґрунту робочими органами глибокорозпушувача.

При цьому, робочі органи глибокорозпушувача мають ущільнювати поверхню вертикальної стінки борозни для створення штучного обмеження проникненню коренів саджанців за межу контуру смуги, що має сприяти поліпшенню умов роботи скоби плуга для викопування саджанців.

У праці [10] визначено, що при проектуванні поверхні скоби викопувального плуга, частина якої є криволінійною, необхідною умовою для забезпечення мінімальних енерговитрат на відділення скоби ґрунту від масиву є визначення сили тиску ґрунту певного стану на поверхню робочого органу.

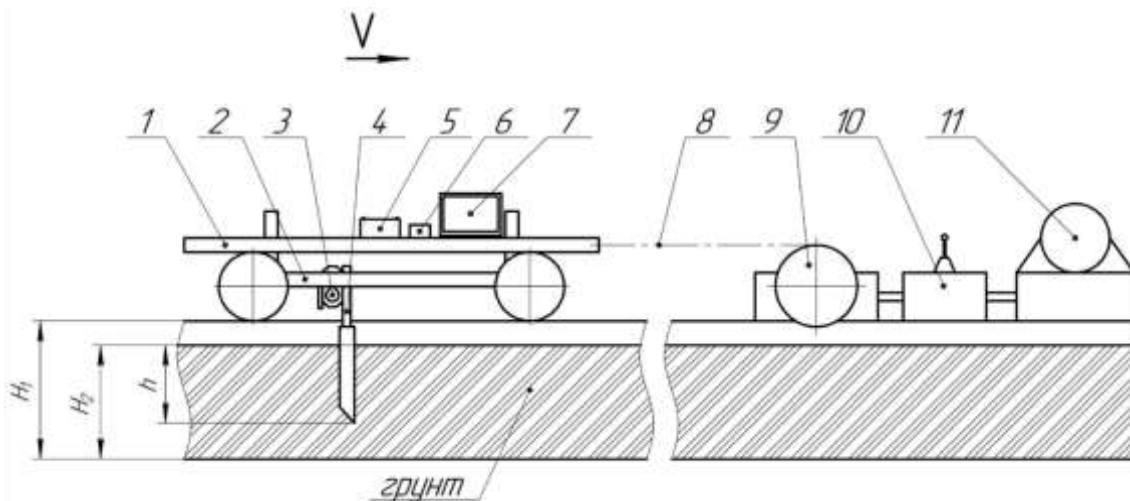
Зазначена умова може бути взята за основу при проектуванні поверхні розроблюваного глибокорозпушувача. Першочерговою задачею при цьому є визначення параметрів форми і положення робочого органу глибокорозпушувача, якою передбачено дослідження дискретного положення площини для подальшого визначення параметрів форми криволінійної поверхні.

Формулювання мети статті. Визначити вплив параметрів площини загального положення на тяговий опір та якість обробітку ґрунту смугової грядки шляхом проведення досліджень в ґрунтовому каналі за рахунок зміни кута нахилу та атаки досліджуваної площини.

Основна частина. Досліди проводився у ґрунтовому каналі на кафедрі сільськогосподарських машин ТДАТУ у листопаді 2020 року.

Особливістю ґрунтового каналу є те, що він розташований на відкритому просторі і ґрунт в ньому знаходиться у природному складеному стані. Загальна довжина каналу становить 25 м, ширина – 2,6 м. Схему установки для проведення досліджень у ґрунтовому каналі наведено на рисунку 1.

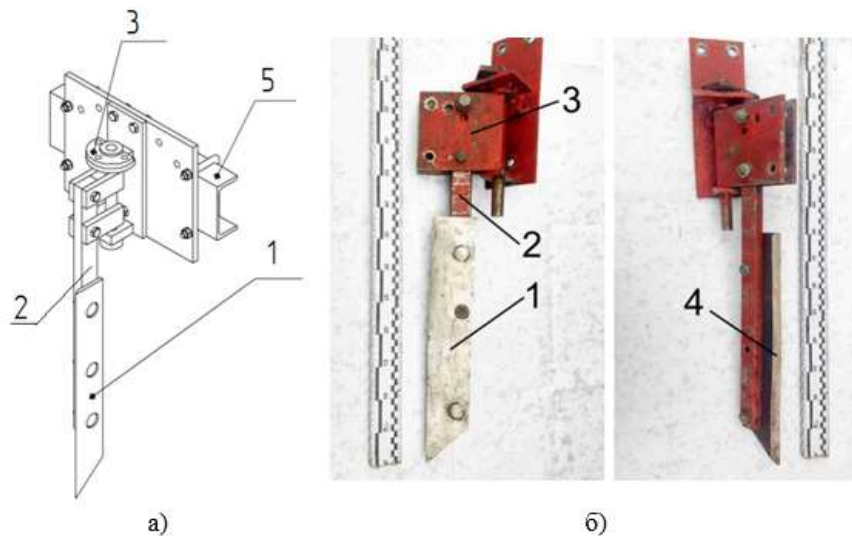
Методика досліджень. Для досягнення поставленої мети виготовлено робочий орган, який складається із стійки та ножа у вигляді площини загального положення (рис.2). Ніж закріплено на стійки 2, яка встановлена на поворотному пристрої 3 (пристрій для зміни положення ножа у просторі). Поверхня ножа утворена площиною. Кут загострення леза з однією фаскою 4 становить 30°. Товщина ножа складає 8 мм.



1 – візок; 2 – рамка; 3 – тензоланка; 4 – робочий орган; 5 – джерело живлення 12V; 6 – АЦП; 7 – ноутбук; 8 – гнучкий трос; 9 – тяговий барабан; 10 – коробка швидкостей; 11 – електродвигун.

H_1 – висота бічної стінки каналу; H_2 – рівень заповнення каналу ґрунтом; h – глибина ходу робочого органу.

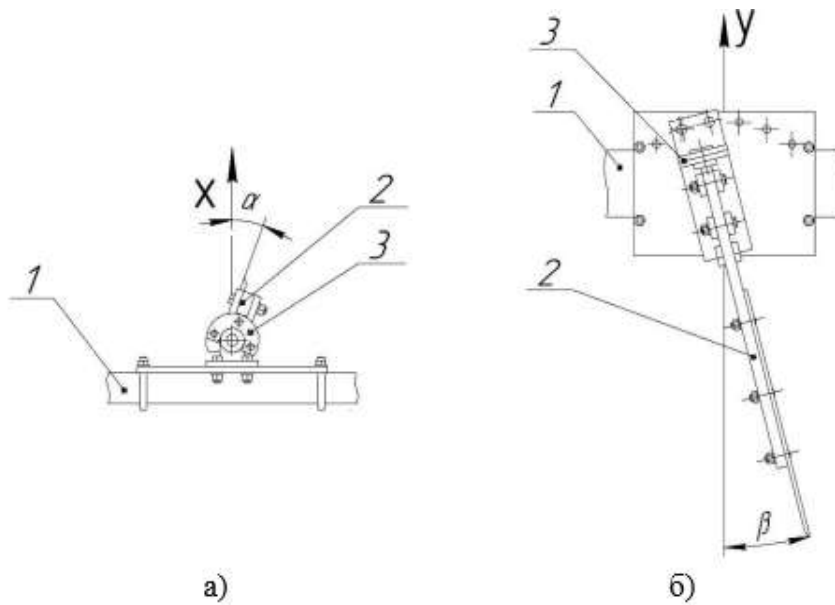
Рисунок 1. Схема ґрунтового каналу з обладнанням для проведення досліджень робочого органу глибокорозпушувача.



1 – ніж; 2 – стійка; 3 – пристрій регулювальний; 4 – лезо;
5 – швелер рами візка (тензоланка не показана).

а) модель; б) макетний зразок.

Рисунок 2. Схема встановлення робочого органу на пристрою



1 – рама візка; 2 – робочий орган; 3 – пристрій регулювальний.
Рисунок 3. Схема конструкції пристрою для зміни параметрів положення ножа: а) кута атаки α ; б) кута відхилення стійки з ножем β у вертикальній площині.

За допомогою регулювального пристрою (рис.3) змінювались такі параметри робочого органу:

- кут α між робочою площиною ножа та напрямом руху робочого органу (кут атаки) (рис.3, а);
- кут β відхилення стійки робочого органу у поперечно-вертикальній площині (рис.3, б).

У таблиці 1 наведені межі варіювання параметрів положення робочого органу, що ілюструє рисунок 3.

Таблиця 1

Межі варіювання змін параметрів робочого органу.

Позначення параметру положення	Одиниця вимірювання	Нижнє граничне значення	Верхнє граничне значення	Крок
Кут α	град.	10	30	10
Кут β	град.	15	30	15

Дослідження проводилися при глибині ходу робочого органу $h = 0,2$ м. Швидкість руху візка складала $0,37$ м/с ($1,3$ км/год).

В якості критеріїв оцінки процесу прийнято:

- середнє значення тягового опору, Н;
- щільність ґрунту в межах контуру смугової гряди, г/см³;
- ширина зони розпушення поверхні ґрунту, Н мм.

Щодо щільності ґрунту в межах контуру смугової гряди, слід пояснити наступне. Розглянемо рисунок 4, який ілюструє поперечний переріз ґрунту смугової гряди після проходу досліджуваного робочого органу.

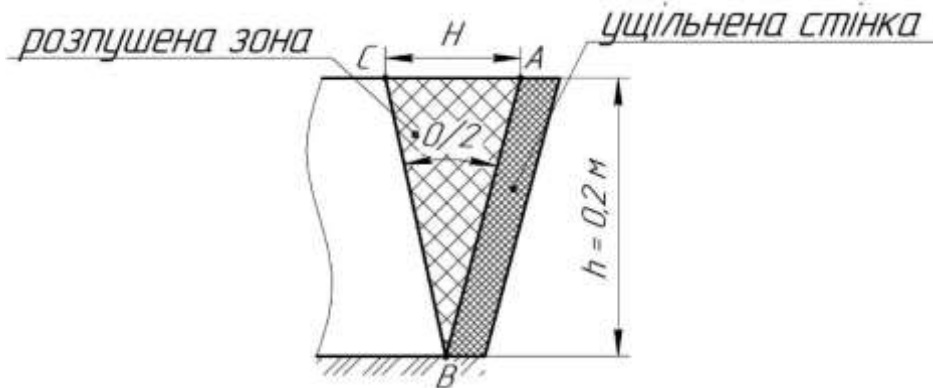


Рисунок 4. До визначення щільності ґрунту у контурі смугової гряди.

Стінка контуру на відрізку AB , що знаходиться праворуч по ходу руху буде ущільнюватися. Назвемо її «ущільнена стінка», а щільність цього шару позначимо ρ_y . В той же час, із лівої сторони по ходу руху розпушувача утворюватиметься розпушений шар ґрунту певного об'єму, гранична межа якого обмежуватиметься відрізком BC , розташованим під кутом $\theta/2$ зовнішнього тертя ґрунту. Об'єм ґрунту, що знаходиться у межах трикутника ABC вважатимемо «розпушеною зоною», а щільність ґрунту у цій зоні позначимо ρ_p .

Для визначення граничної зони розпушення ґрунту, що піднімався на поверхню ґрунту на відрізку AC шириною H (рис.4) проводилася відеозйомка процесу з наступним покадровим аналізом процесу.

Щільність ґрунту вимірювалася згідно ГОСТ 20915-75 [11].

При проведенні досліджень визнався стан ґрунту за показниками вологості та твердості. Вологість ґрунту визначалася термостатно-ваговим способом [12], твердість ґрунту твердоміром Ревякіна №224.

Для визначення тягового опору застосовано подовжену кільцеву октагональну тензоланку із дротяними тензорезисторами на паперовій основі з опором провідника 200 Ом. Тарування тензоланки проводилося на розробленому науковцями кафедри сільськогосподарських машин ТДАТУ стенді [13]. Середнє арифметичне значення тягового опору залежно від змін параметрів робочого органу визначалося за допомогою програмного середовища GNU Octave [14].

Результати досліджень. Інформація про фізичний стан ґрунту в ґрунтовому каналі в горизонтах наведена в таблиці 2.



Таблиця 2

Фізичний стан ґрунту

Показник	Шари ґрунту, см	
	0-10	10-20
Вологість ґрунту – W, %	18,4	18,9
Твердість ґрунту, МПа	0,63	0,75

На рисунках 5-7 побудовані графічні залежності змін параметрів, які досліджувались при утворення смугової гряди.

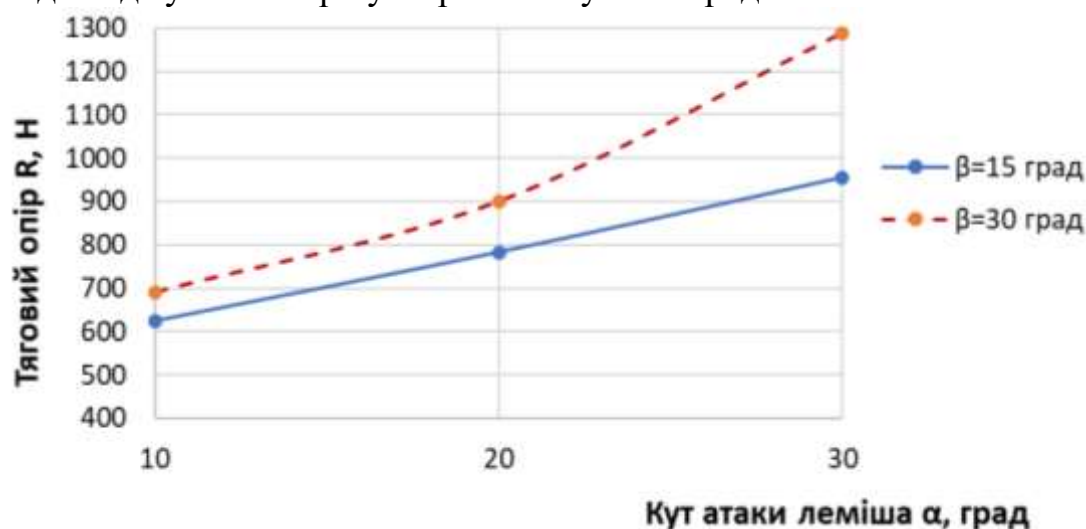


Рисунок 5. Графік зміни тягового опору залежно від кута атаки α ножу робочого органу і кута відхилення стійки β .

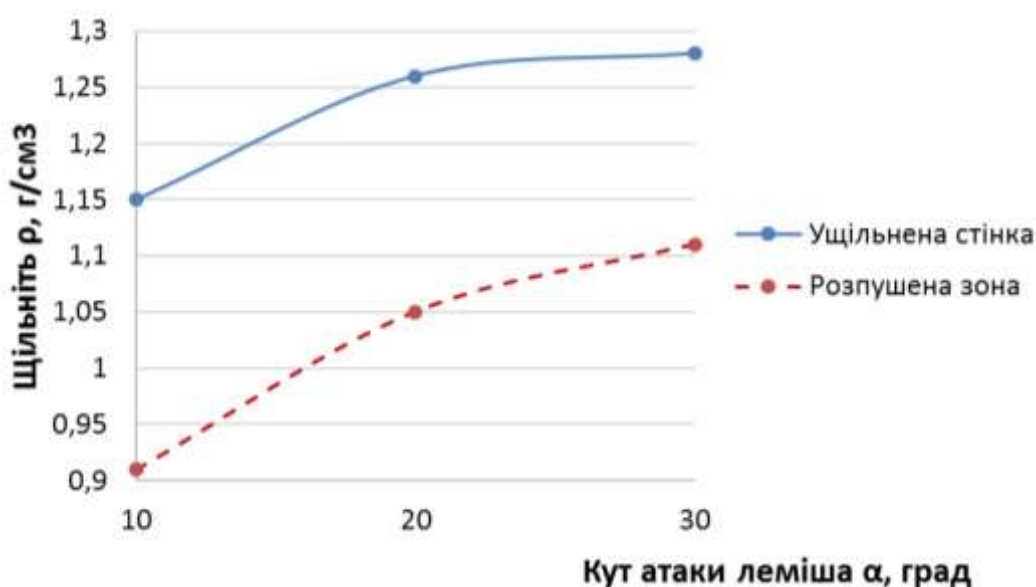


Рисунок 6. Графік зміни щільності ґрунту в межах смугової гряди залежно від кута атаки α ножу при куті відхилення стійки $\beta=15^\circ$.

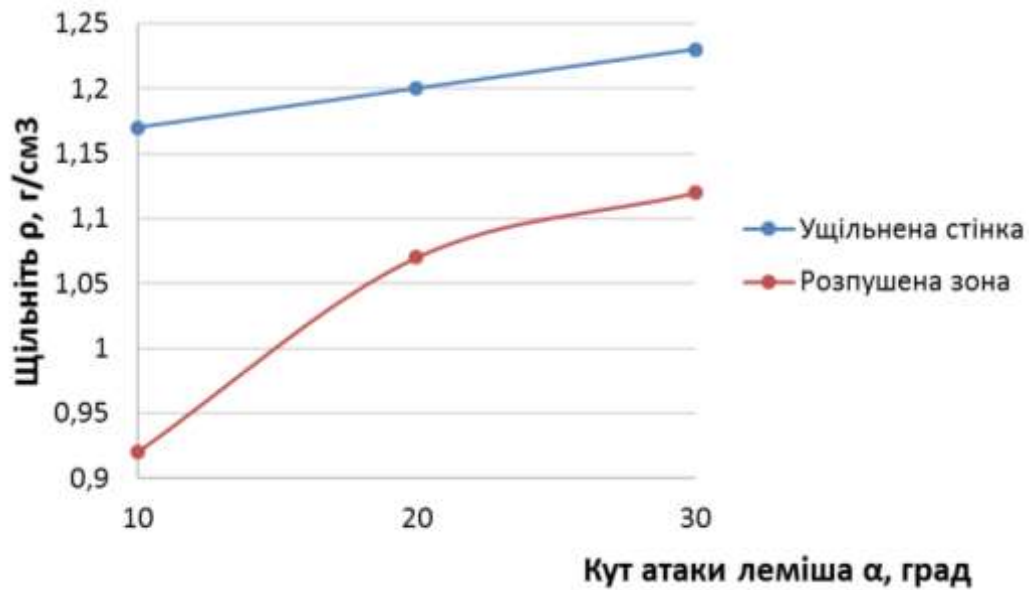
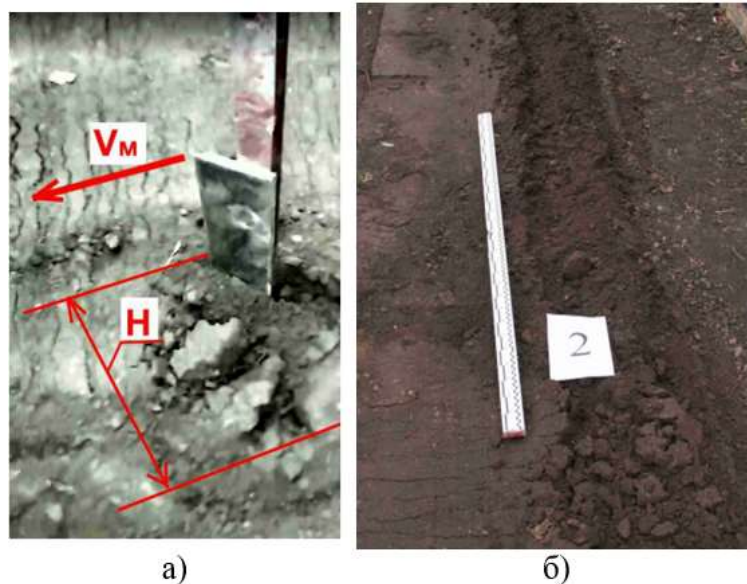


Рисунок 7. Графік зміни щільності ґрунту в межах контуру смугової гряди залежно від кута атаки α ножу при куті відхилення стійки $\beta=30^\circ$.

На рисунку 8 представлено спосіб вимірювання ширини зони розпушування ґрунту робочим органом.



а) ширина зони розпушування; б) загальний вид ґрунту після проходження робочого органу глибокорозпушувача.

Рисунок 8. До визначення ширини зони розпушування ґрунту

Проаналізував графічні залежності, наведені на рисунках 5-8 можна зробити такі висновки.

1) Тяговий опір ґрунту зростає зі збільшенням кута атаки α ножу. При цьому із збільшенням кута β нахилу стійки опір зростає суттєво.



Так, у стійки, нахиленій у поперечно-вертикальній площині на кут $\beta = 15^\circ$ при збільшенні кута атаки α на 20° (з 10° до 30°) тяговий опір зростає на 330 Н або 52% (з 625 Н до 955 Н). При цьому в самому діапазоні зміни кута атаки α , у стійки нахиленої під кутом $\beta = 30^\circ$ тяговий опір зростає майже на 600 Н або 86% (з 621 Н до 1289 Н).

2) Щільність бокової «ущільненої» стінки смугової гряди зростає із збільшенням кута атаки α ножа. При цьому, нахил стійки у поперечно-вертикальній площині у варіантах $\beta = 15^\circ$ та $\beta = 30^\circ$ має несуттєвий вплив на ущільнення і коливається у межах від 2 до 5%. При цьому більші значення ущільнення виникають при меншому ($\beta = 15^\circ$) значенні кута нахилу стійки. Найбільше значення ущільнення стінки $\rho_y = 1,28 \text{ г/см}^3$ зафіксовано при $\alpha = 30^\circ$ та $\beta = 15^\circ$. Але при цих параметрах суттєво (до 955 Н) зростає тяговий опір. В той же час при куті атаки $\alpha = 20^\circ$ і $\beta = 15^\circ$ щільність стінки зменшується до $\rho_y = 1,26$ або на 1,6% при значенні $R = 783 \text{ Н}$, що на 25% більше мінімально зафіксованого значення тягового опору, яке становить 625 Н.

3) Щодо щільності ґрунту в зоні розпушення. Значення щільності, отримані в цій зоні менші за значення щільності бокової «ущільненої стінки», що є природним і збігається із завданнями досліджень. При цьому тенденція до зменшення щільності ґрунту в зоні розпушення проявляється при менших значеннях кута атаки ножа α та нахилу стійки β . Зміна кута нахилу стійки у варіантах $\beta = 15^\circ$ та $\beta = 30^\circ$ також має несуттєвий вплив на ступінь ущільнення розпушеної зони і коливається до 2%. Пріоритетом у шуканих значеннях параметрів робочого органу є ущільнення бокової стінки, тому компромісні значення параметрів з пункту 2, а саме: $\alpha = 20^\circ$ і $\beta = 15^\circ$ вважатимемо раціональними значеннями, при яких щільність розпушеної зони становить $\rho_p = 1,05 \text{ г/см}^3$

4) Покадрове дослідження відеозйомки процесу переміщення робочого органу в ґрунті при визначенні ширини зони розпушення H показало, що збільшення кута атаки ножа α на нахилу стійки β призводить до збільшення ширини зони розпушення. Так при $\alpha = 10^\circ$ та $\beta = 15^\circ$ значення зони розпушення $H = 190 \text{ мм}$, а при граничних значеннях $\alpha = 30^\circ$ та $\beta = 30^\circ$, величина H збільшується на 52% і становить 290 мм. Спираючись на положення пунктів 2 та 3, при $\alpha = 20^\circ$ і $\beta = 15^\circ$ значення ширини зони розпушення H становило 220 мм. Якщо на гряді, шириною 1 м (рис.9) висаджуватимуться підщепи на глибину 0,1 м у два рядки, відстань між якими 0,7 м, а відстань між краєм гряди і рядком становить $l = 0,15 \text{ м}$, то ширини зони розпушення $H = 0,22 \text{ м}$ буде достатньо для забезпечення розташування кореневої системи щепи у розпушеному шарі ґрунту, у поперечному перерізі.

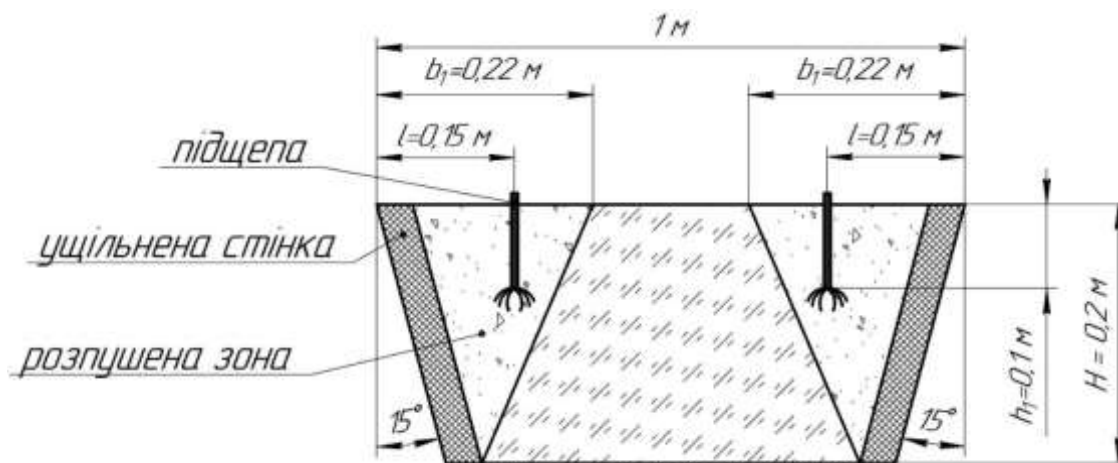


Рисунок 9. Контур смугової гряди, утворений робочим органом глибокорозпушувача, в яку висаджуватимуться підщепи.

Висновки. На основі проведених досліджень ножа у ґрунтовому каналу, поверхня якого займала загальне положення встановлено що на глибині 0,2 м при швидкості руху 0,37 м/с ніж забезпечує утворення смугової гряди із щільністю бокової стінки – 1,26 г/см³, щільністю ґрунту у зоні розпушення 1,05 г/см³ і значенням тягового опору 1566 Н (два робочі органи) при таких параметрах положення:

- кута атаки ножа $\alpha = 20^\circ$;
- кута нахилу стійки ножа у вертикальній площині $\beta = 15^\circ$.

Список використаних джерел

1. Grigorenko S. Technical means for mechanization of technological processes on livestock farms. *Theory, practice and science*. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan 2021. Pp. 255–257.
2. Zhuravel D. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. *Multidisciplinary academic research*. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands 2021. Pp. 83–86.
3. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155–158.
4. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education*: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece 2021. Pp. 231–233.
5. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7–12.



6. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. P. 478–480.

7. Чижиков І. О. Обґрунтування схеми та засобів механізації вирощування саджанців плодкових культур на грядках. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва рослинництва : мат. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (17-18 травня 2018р., Умань)*. Умань, 2018. С. 26–31

8. Матвійчук Н. П., Мудрак Р. П. Стан галузі садівництва України та визначення перспективних напрямів її функціонування. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016, вип. 13. С.140–144.

9. Караєв О. Г., Толстолик Л. М. Якість продукції розсадництва плодкових культур. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2014. 150 с.

10. Караєв О. Г., Матковський О. І., Чижиков І. О., Рубцов Н. О. Проектування поверхонь робочих органів машин, які взаємодіють з ґрунтом. Сучасні проблеми моделювання. 2020. Вип. 19. С. 70–78. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/cpm_2020_19_11

11. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. [Взамен ГОСТ 20915-75 сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний] Дата введения 2013-01-01. Москва: Стандартинформ, 2013. 24 с.

12. ДСТУ Б В. 2. 1-5-96. Основи та підвалини будинків і споруд. ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань. [Діючий від 01.04.1997]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1996. 21 с.

13. Стенд для тарування кільцевих октагональних тензоланок: пат. 150637 Україна. № 202105206; заявл. 15.09.2021, Бюл.№ 10.

14. GNU Octave.URL: <https://www.gnu.org/software/octave/index>.

Стаття надійшла до редакції 30.03.2022 р.

I. Chyzhykov

Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF CREATING A STRIP RIDDLE BY THE KNIFE OF THE GRINDER UNDER THE CONDITIONS OF THE SOIL CHANNEL

Summary

The commercial quality of seedlings significantly depends on the observance of biostructural quality indicators of fruit seedlings at the stages of soil preparation, cultivation, digging and storage. The search and testing of new schemes for laying a



nursery, the improvement of existing ones and the development of new means of mechanization for growing planting material are priority areas. These areas include a new technology for growing seedlings of fruit crops on a strip ridge.

The technology involves the creation of favorable conditions in the soil layer of the strip ridge for the development of the root system of future seedlings by tilling the soil with special working bodies of the subsoiler.

A task has been formed to determine the parameters of the shape and position of the working body of the ripper, which provides for the study of the discrete position of its plane for further determination of the shape parameters of the curved surface.

The influence of the parameters of the plane of general position on the traction resistance and the quality of processing the strip ridge was determined during research in the soil channel by changing the angle of inclination and attack of the plane under study.

The experiments were carried out in a soil channel. A feature of the soil channel is that it is located in an open space and the soil in it is in a natural folded state. A working body is made, consisting of a rack and a knife in the form of a plane of general position. The knife is fixed on a stand mounted on a rotary device 3 (a device for changing the position of the knife in space). The sharpening angle of a blade with one bevel is 30° . The thickness of the knife is 8 mm.

Based on the studies of the knife in the soil channel, the surface of which occupied a general position, it was found that at a depth of 0.2 m at a speed of 0.37 m/s, which ensures the formation of a strip ridge with a side wall density of 1.26 g/cm^3 , soil density in the loosening zone 1.05 g/cm^3 and traction resistance value 1566 N for the following position parameters: knife attack angle $\alpha = 20^\circ$; the angle of inclination of the knife stand in the vertical plane $\beta = 15^\circ$.

Key words: nursery, strip ridge, traction resistance, position parameters, ripper