

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТКОВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ

УДК 631.312.68 (477.7)

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ПЛУГА
ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського
виробництва

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Мелітополь – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Караєв Олександр Гнатович,
Таврійський державний агротехнологічний університет,
доцент кафедри «Сільськогосподарські машини».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Фришев Сергій Георгійович,
Національний університет біоресурсів та
природокористування, професор кафедри «Транспортні
технології та засоби у АПК»;

кандидат технічних наук, доцент
Кравченко Василь Валерійович,
Уманський національний університет садівництва,
доцент кафедри «Процеси, машини та обладнання АПВ».

Захист дисертації відбудеться «31» березня 2016 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні вченої ради Д 18.819.01 у Таврійському державному агротехнологічному університеті за адресою: 72310, Запорізька область, м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Таврійського державного агротехнологічного університету за адресою: 72310, Запорізька область, м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18.

Автореферат та дисертація розміщені за адресою в мережі Internet www.tsau.edu.ua/nauka/category/dissertation.

Автореферат розісланий «29» лютого 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.О. Квітка

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Садивний матеріал плодкових культур виробляється у 173 спеціалізованих розсадницьких господарствах України. Але обсяг виробництва залишається недостатнім для потреб заміни старих малопродуктивних садів і не у повній мірі відповідає сучасним вимогам до якості садивного матеріалу.

Викопування саджанців плодкових культур в ґрунтово - кліматичній зоні «Південний степ» відбувається в листопаді в умовах підвищеної вологості і щільності ґрунтів, переважно на чорноземах важкосуглинного гранулометричного складу. Коренева система дворічних саджанців кісточкових культур має розвинуту та розгалужену структуру і потребує підкопування на глибину не менше 0,35 м. Витягування саджанців робітниками з ґрунту після їх підкопування існуючими плугами для викопування саджанців потребує такого зусилля на витягування з ґрунту, яке за показником важкості трудового процесу відносять до класу шкідливих умов праці. При цьому, втрачається найбільш цінна частина коренів саджанців, що призводить до зниження їхньої сортності.

Окреслена проблема пов'язана з тим, що робочі органи існуючих плугів для викопування саджанців не забезпечують достатнього розпушування ґрунтової скиби та відділення ґрунтових агрегатів від коренів без їх руйнування. Також в процесі розпушування ґрунтової скиби з саджанцем вона рухається по поверхні розпушувача значної довжини, що призводить до збільшення роботи на переміщення ґрунтової скиби. Конструкції існуючих плугів не дозволяють проводити зміни режимів роботи з урахуванням умов викопування.

Вирішення даної проблеми забезпечить підвищення якості кінцевої продукції розсадників і поліпшення умов праці робітників, що є актуальною науково-технічною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті згідно науково - дослідної роботи "Розробка технології та технічних засобів для рослинництва в умовах зрошувального землеробства півдня України", державний реєстраційний номер 0111U002549 за тематичним планом НДДКР Таврійського державного агротехнологічного університету на 2011 - 2015 рр.

Мета і завдання досліджень. *Мета досліджень* – поліпшення умов праці робітників при вибиранні саджанців з підкопаного ґрунту з одночасним збереженням якості їх кореневої системи шляхом забезпечення зусилля на витягування саджанців, яке повинне бути не більше 70 Н за рахунок застосування активного розпушувача викопувального плуга.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- визначити функції розпушувача, які суттєво впливають на ефективне відділення кореневої системи саджанця від ґрунту з відповідними технічними рішеннями їх реалізації та розробити конструктивно - технологічну схему робочого органу викопувального плуга;

- провести теоретичні дослідження процесу переміщення ґрунтової скиби з саджанцем по розпушувачу, обґрунтувати вид його поверхні та геометричні параметри за критерієм витраченої роботи на її переміщення;

- визначити вплив амплітуди коливань розпушувача на інтенсивність розпушення ґрунтової скиби з саджанцем та розробити конструкцію важеля з можливістю регулювання величини амплітуди коливань;

- експериментально визначити оптимальні значення параметрів розпушувача викопувального плуга, при яких досягається покращення умов праці робітників при вибиранні саджанців з підкопаного ґрунту з одночасним збереженням якості кореневої системи;

- надати агротехнічну оцінку роботи викопувальному плугу ВПН-2М з запропонованим розпушувачем під час виробничого процесу викопування саджанців плодкових культур;

- надати економічну оцінку застосування модернізованого плугу ВПН-2М в виробничих умовах розсадника.

Об'єктом досліджень є процес механізованого викопування саджанців плодкових культур в умовах зрошення.

Предметом досліджень є закономірності впливу параметрів і режимів роботи розпушувача викопувального плуга на ґрунтову скибу з саджанцем.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження з обґрунтування параметрів розпушувача проводилися з використанням положень теоретичної механіки та методів диференційного та інтегрального числення, а оптимізацію його параметрів проведено за методикою математичного планування екстремального експерименту.

Експериментальні дослідження проводились в польових умовах відповідно до прийнятих методик та галузевих стандартів. Обробка результатів досліджень здійснювалася методами математичної статистики за допомогою ЕОМ з використанням програмного середовища пакетів «Maple» та «MathCad».

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що *вперше:*

- отримано закономірності зміни рухомої сили при переміщенні ґрунтової скиби з саджанцем по лінійчатим поверхням розпушувача з різними видами напрямних, що дозволило обрати поверхню, на якій робота рухомої сили є найменшою;

- отримано залежності змін напрямів прискорень і швидкостей опуклої поверхні розпушувача, який здійснює качання, що дозволило визначити режим качань та величину ексцентриситету;

отримала подальший розвиток:

- кінематика механізму коромислового типу в частині визначення коливань точок коромисла, яке качається та рівномірно рухається, що дозволило розв'язати задачу впливу зміни амплітуди коливань по довжині розпушувача та врахувати в конструкції важеля можливість регулювання інтенсивності розпушення ґрунтової скиби з саджанцем.

Практичне значення отриманих результатів. Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень з оптимізації параметрів і режимів роботи робочого органу плуга можуть бути використані при розробці технічних завдань на ДКР. Розроблено дослідний зразок робочого органу до викопувального плуга ВПН - 2, який пройшов випробування в ТОВ «Блексі фрут компанії»

(Запорізька обл. Мелітопольський район). Результати досліджень впроваджені в ДП ДГ «Мелітопольське» Мелітопольського району Запорізької області.

Особистий внесок здобувача. Результати досліджень, які відображають зміст і суть роботи, отримані автором самостійно. Постановка мети і відповідних задач, аналіз і трактування результатів виконано спільно з науковим керівником.

Автором особисто вибрані напрямки вдосконалення робочого органу плуга для викопування саджанців та визначено напрямки вдосконалення параметрів і режимів роботи робочого органу викопувального плуга [1, 2], розроблено методику з вибору виду форми поверхні розпушувача [3, 4, 5, 6], визначено параметри і режими коливач розпушувача [7, 8, 9], отримано математичну модель з оптимізації параметрів розпушувача для визначення зусиль на витягання саджанців, розроблено експериментальний зразок робочого органу та виконано агротехнічну оцінку функціональних показників викопувального плуга, проведено обробку та оцінку отриманих даних.

Апробація результатів роботи. Основні результати роботи доповідалися на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, співробітників і магістрів Таврійського державного агротехнологічного університету (2010-2015 рр.), Міжнародній науково-технічній конференції «Науково - технічний прогрес в сільськогосподарському виробництві», присвяченій 65 - річчю Республіканського унітарного підприємства «Науково - технічний центр Національної академії наук Білорусі по механізації сільського господарства» Республіка Білорусь (Мінськ, 2012 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Імпортозамінні технології вирощування продукції садівництва та рослинництва» (Умань, 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали» (Дніпропетровськ, 2015 р.).

Публікації. Результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковані у 12 друкованих працях, у тому числі в 2 – одноосібно. У наукових фахових виданнях опубліковано 6 статей, у закордонних – 1, в інших виданнях – 2. Результати досліджень представлені 2 тезами доповідей на науково-практичних конференціях. Отримано висновок про видачу патенту на корисну модель по заявці № u 201509299.

Загальний обсяг наукових праць складає 3,1 умовних друкованих аркуша.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 79 найменувань на 8 сторінках та додатків на 15 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 151 сторінку тексту, з яких на 128 сторінках викладено основний текст роботи. Дисертація включає 60 рисунків (графіки, схеми і фотографії) та 25 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету й основні завдання досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі «**Аналіз конструкцій та стан досліджень взаємодії робочих органів викопувальних плугів з ґрунтовою скибою**» приведено функціональний аналіз робочих органів викопувальних плугів саджанців плодкових культур, на підставі якого встановлено, що розпушувач робочого органу має бути

активним, а на ефективність його роботи суттєво впливає режим коливань з відривом ґрунтової скиби від поверхні розпушувача та час перебування ґрунтової скиби на поверхні розпушувача. Також приведена конструктивно – технологічна схема розпушувача робочого органу плугу ВПН-2 (рис. 1), у якій передбачено можливість регулювання положення поверхні розпушувача до горизонталі, кута його качання та зміни відстані між розпушувачами в горизонтальній площині.

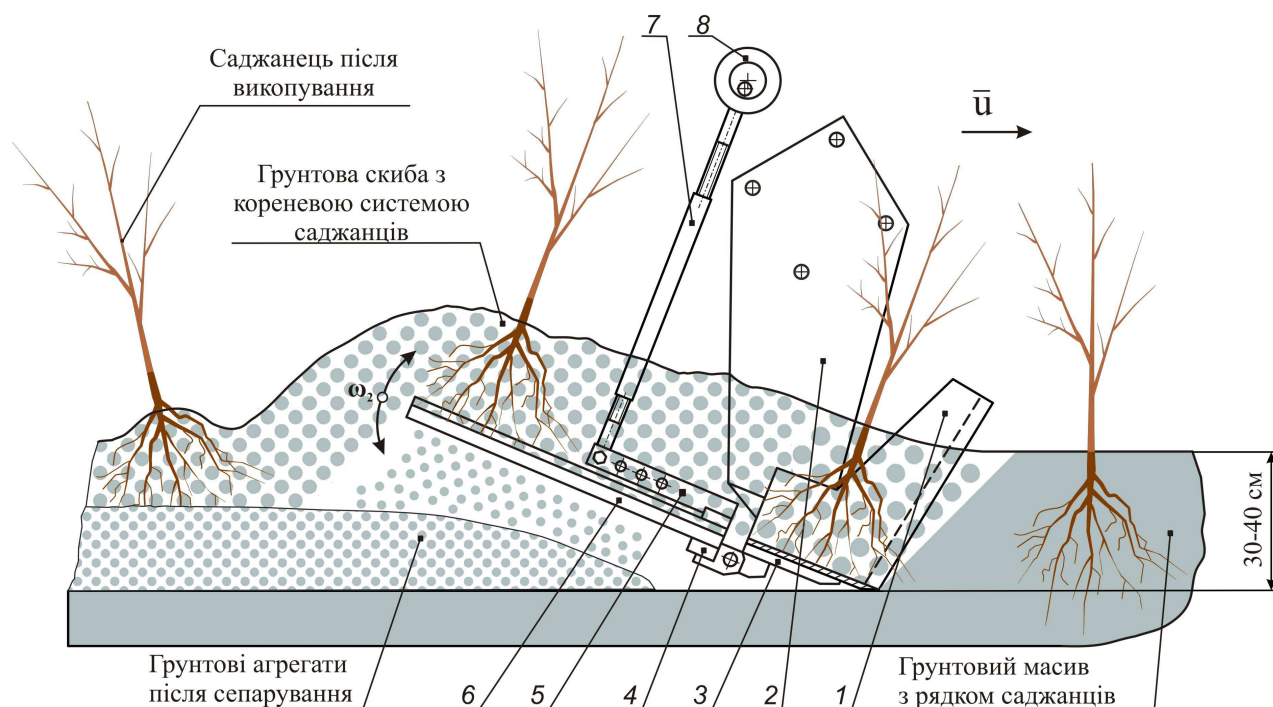


Рис. 1. Конструктивно - технологічна схема розпушувача робочого органу викопувального плуга ВПН - 2: 1 – викопувальна скоба; 2 – стійка; 3 – башмак; 4 – траверса; 5 – важіль; 6 – розпушувач; 7 – ексцентрикова тяга; 8 – ексцентриковий механізм.

Дослідження зі створення робочих органів для викопувальних машин були проведені Варламовим Г. П., Хайлісом Г. А., Ілюхіним В. В., Строем А. О., Кукушкіним В. К., Кліновим С. І., Грушанським О. А., Фришевим С. Г., Караєвим О. Г., Саньковим С. М., Сафоновим О. М., Кравченко В. В. У працях названих науковців розглянуто процес відділення ґрунтової скиби з саджанцем робочими органами викопувальних плугів без дослідження її переміщення по поверхням розпушувачів в залежності від їх виду та взаємодії ґрунтовою скибою під час розпушення, що знижує ефективність розроблення технічних рішень. На підставі проведеного аналізу сформульовано мету та задачі досліджень.

У другому розділі «**Теоретичні дослідження з обґрунтування параметрів розпушувача робочого органу викопувального плуга**» наведено результати досліджень з вивчення біометричних характеристик кореневої системи саджанців плодкових культур, дослідження руху ґрунтової скиби по різних за формою поверхням розпушувача та розглянуто умови його качання для ефективного розпушення ґрунту. За отриманими біометричними параметрами прийнято, що ширина розпушувача має бути в межах від 0,38 м до 0,44 м, в яких знаходиться від 70% до 80% маси кореневої системи. Такі межі ширини розпушувача узгоджені з параметрами викопувальної скоби, а саме її ширини, яка складає 0,55 м і прийнята із

умов відділення 90% коренів саджанців від ґрунтового масиву та технологічних особливостей роботи плуга (відхилення саджанців від осі ряду, наявність вірогідності відхилення трактора від напрямку руху). Визначені межі ширини розпушувача були враховані при встановленні меж варіювання відстані між розпушувачами в експериментальних дослідженнях.

Для обґрунтування виду поверхні розпушувача розглянемо його кінематичні характеристики.

Розпушувач 4 здійснює качання від дії ексцентрикової тяги 3, яка шарнірно з'єднана з важелем 5 в т. В (рис. 2), рух якого характеризується:

- відстанню між крайніми положеннями т. В;

$$y_B = e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t)); \quad (1)$$

- лінійною швидкістю

$$\dot{y}_B = e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t); \quad (2)$$

- прискоренням

$$\ddot{y}_B = e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t), \quad (3)$$

де e - величина ексцентриситету; ω_1 - кутова швидкість ексцентрика.

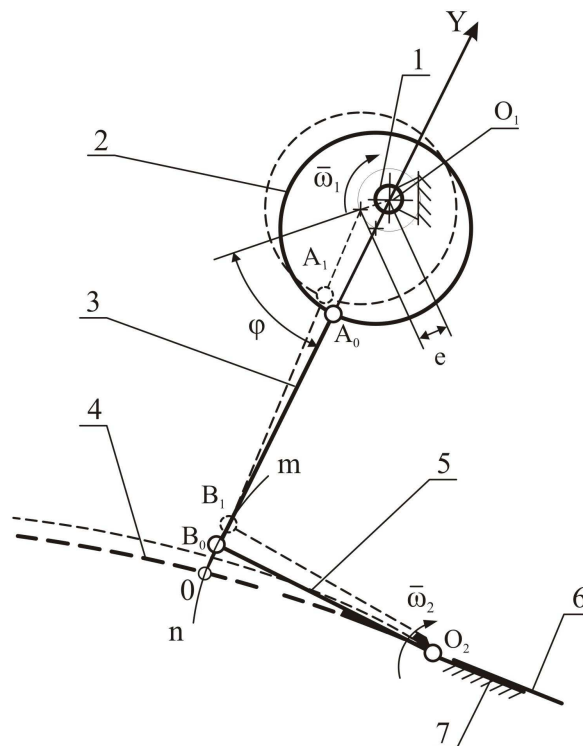


Рис. 2. Кінематична схема розпушувача робочого органу плуга: 1 - вал приводний; 2 - ексцентрик; 3 - ексцентрикова тяга; 4 - розпушувач; 5 - важіль; 6 - скоба; 7 - башмак.

При дослідженні переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу прийнято такі припущення:

- а) ґрунтову скибу розглянуто як матеріальну точку (далі - частка ґрунту);
- б) частка ґрунту сходить з розпушувача без виникнення реакції з боку його поверхні;
- в) рух частки ґрунту відбувається без відриву від поверхні розпушувача;
- г) маса частки ґрунту на розпушувачі під час переміщення постійна;

д) рух частки ґрунту по поверхні розпушувача, яка є криволінійною, вважаємо рівномірним та прямолінійним.

Аналіз руху частки ґрунту по розпушувачу проведено на поверхнях з такими напрямними: прямій, опуклій і ввігнуто – опуклій кривій в системі координат xoy , яка є рухомою відносно інерційної системи XOY .

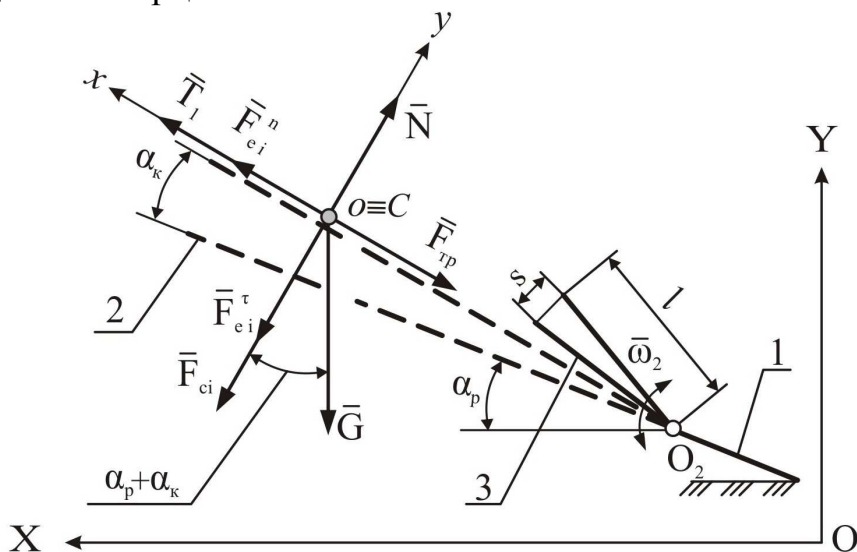


Рис. 3. Схема сил, які діють на частку ґрунту (т. С) під час переміщення по поверхні розпушувача з прямою напрямною під час качання угору: 1 - скоба; 2 - розпушувач; 3 - важіль.

Згідно з рис.3 диференціальні рівняння руху будуть мати вигляд

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= T_1 + F_{ei}^n - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_k) - F_{mp} = 0 \\ m\ddot{y} &= N - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) - F_{ei}^\tau - F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Вирішімо перше рівняння системи (4) відносно рухомої сили T_1

$$T_1 = G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_k) + (G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) + F_{ei}^\tau + F_{ci}) \cdot f - F_{ei}^n, \quad (5)$$

де F_{mp} - сила тертя, яка дорівнює $F_{mp} = N \cdot f$ (де N - нормальна реакція поверхні, f - коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту по сталі);

G - сила тяжіння, яка дорівнює $G = m \cdot g$ (де m - маса частки ґрунту на розпушувачу);

F_{ei}^τ - дотична переносна сила інерції до дуги B_0B_1 (рис. 2), яка дорівнює

$F_{ei}^\tau = m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l}$ (де v_r - відносна швидкість руху частки ґрунту по розпушувачу; t - час руху частки ґрунту по розпушувачу; l - довжина важеля);

F_{ci} - сила інерції Коріоліса, яка дорівнює

$$F_{ci} = 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l}; \quad (6)$$

F_{ei}^n - нормальна переносна сила інерції, яка дорівнює

$$F_{ei}^n = m \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t. \quad (7)$$

Кут встановлення поверхні розпушувача до горизонту α_p є початковим і змінюється кутом качання, який визначається з виразу

$$\alpha_{\kappa} = \frac{s}{l}, \quad (8)$$

де s – відстань між крайніми положеннями важеля, яка дорівнює $e \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))$.

З урахуванням діючих сил рівняння (5) приймає вигляд

$$\begin{aligned} T_1 = & m \cdot g \cdot \sin\left(\alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) + \\ & + \left(m \cdot g \cdot \cos\left(\alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) + m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} + \right. \\ & \left. + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} \right) \cdot f - m \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t. \end{aligned} \quad (9)$$

Переміщення частки ґрунту (т. С) по розпушувачу з опуклою поверхнею розглянемо відносно схеми сил, яка наведена на рис. 4.

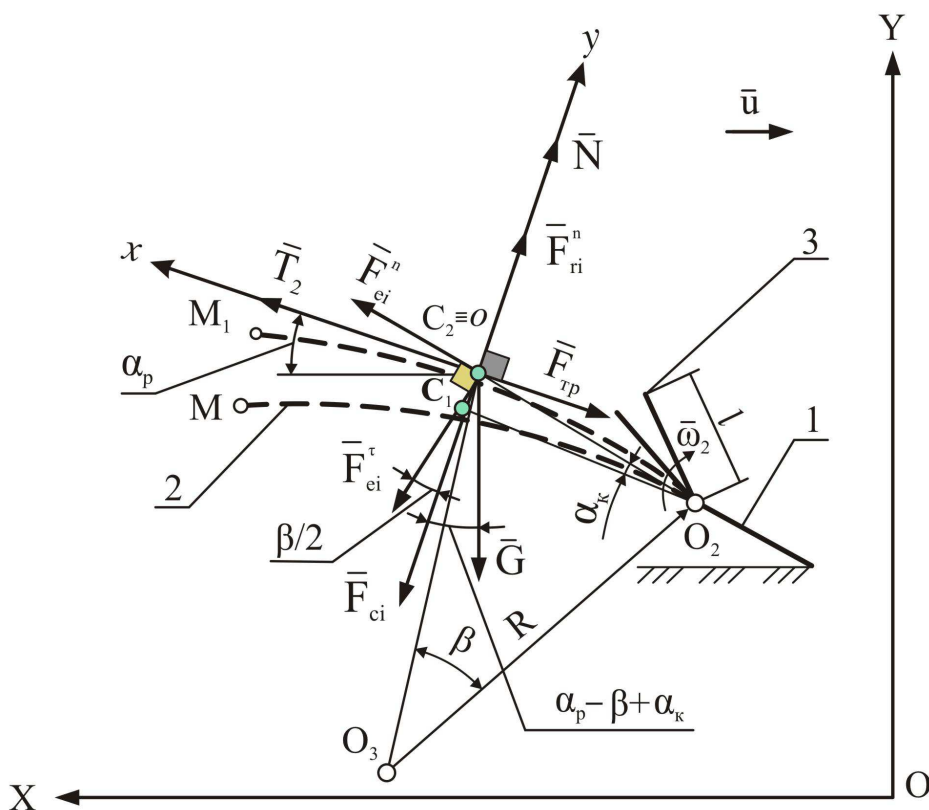


Рис. 4. Схема сил, які діють на частку ґрунту при переміщенні по опуклій поверхні розпушувача під час руху угору: 1 - скоба; 2 - розпушувач; 3 - важіль.

Згідно з рис. 4 диференціальні рівняння руху частки ґрунту будуть мати вигляд

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} = & T_2 + F_{ei}^n \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + F_{ei}^{\tau} \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) - G \cdot \sin(\alpha_p - \beta + \alpha_{\kappa}) - F_{mp} = 0 \\ m\ddot{y} = & N + F_{ei}^n \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) - G \cdot \cos(\alpha_p - \beta + \alpha_{\kappa}) - F_{ei}^{\tau} \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) - F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

де β - кут кручення дуги O_2M .

Кут кручення дорівнює

$$\beta = \frac{v_r \cdot t}{R}, \quad (11)$$

де R - радіус дуги O_2M .

Рішення першого рівняння системи (10) відносно рухомої сили T_2 буде мати вигляд

$$\begin{aligned} T_2 = & m \cdot g \cdot \sin\left(\alpha_p - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) + \\ & + \left(m \cdot g \cdot \cos\left(\alpha_p - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) + m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \right. \\ & + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} - m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l}\right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) \left. \right) f - \\ & - m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l}\right)^2 v_r \cdot t \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) - m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right). \end{aligned} \quad (12)$$

Розглянемо рух частки ґрунту по поверхні, напрямна якої є ввігнуто - опукла крива з точкою перегину K (рис. 5). Вона утворена дугами кола O_2K і KM . Величина радіусу дуги O_2K ($R_l > 0,6$ глибини викопування саджанців) прийнята за результатами досліджень Фришева С.Г., а радіус дуги KM , за умови сходу ґрунтової скиби з розпушувача на рівень денної поверхні поля. Тоді рухома сила на переміщення частки ґрунту по такій поверхні має дві складові

$$T_3 = T_{3.1} + T_{3.2}, \quad (13)$$

де $T_{3.1}$ - рухома сила на переміщення частки ґрунту по дузі O_2K ; $T_{3.2}$ - рухома сила на переміщення частки ґрунту по дузі KM .

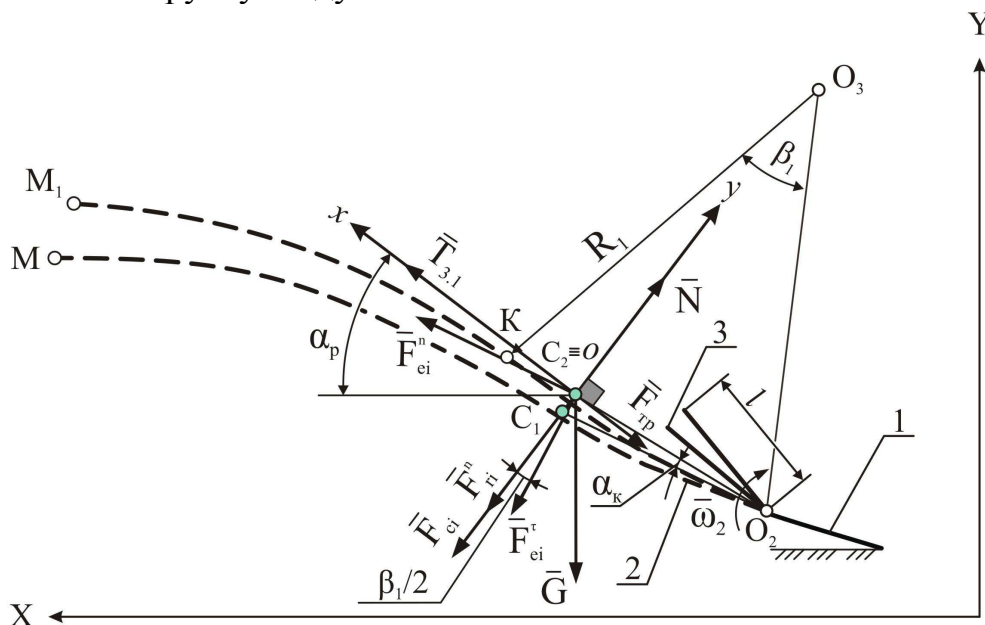


Рис. 5. Схема сил, які діють на частку ґрунту при переміщенні на ввігнутій частині ввігнуто - опуклої кривої під час руху угору: 1 - викопувальна скоба; 2 - розпушувач; 3 - важіль.

Відповідно до рис. 5 диференціальні рівняння руху частки ґрунту по частині поверхні з напрямною O_2K мають такий вигляд

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= T_{3.1} + F_{ei}^n \cdot \cos\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - F_{ei}^\tau \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{mp} = 0 \\ m\ddot{y} &= N - F_{ei}^n \sin\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - F_{ei}^\tau \cdot \cos\left(\frac{\beta_1}{2}\right) - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{ri}^n - F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (14)$$

З другого рівнянь системи (14) знайдемо значення N , а з першого – F_{mp} і вирішимо його відносно $T_{3.1}$. Рішення бути має вигляд

$$\begin{aligned} T_{3.1} &= m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 t_1) \cdot v_r \cdot t_1}{l} \sin\left(\frac{v_r \cdot t_1}{2R_1}\right) + mg \cdot \sin\left(\alpha_{pn} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 t_1))}{l}\right) + \\ &+ \left(m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1)}{l} \right)^2 v_r \cdot t_1 \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t_1}{2R_1}\right) + m \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 t_1) v_r \cdot t_1}{l} \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t_1}{2R_1}\right) + \right. \\ &+ mg \cdot \cos\left(\alpha_{pn} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} + \frac{e \cdot (1 - \cos(\omega_1 t_1))}{l}\right) + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1) \cdot v_r}{l} \left. \right) f - \\ &- m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1)}{l} \right)^2 v_r \cdot t_1 \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t_1}{2R_1}\right), \end{aligned} \quad (15)$$

де R_1 - радіус дуги O_2K ; t_1 - час руху частки ґрунту по дузі O_2K ; β_1 - кут кручення дуги O_2K .

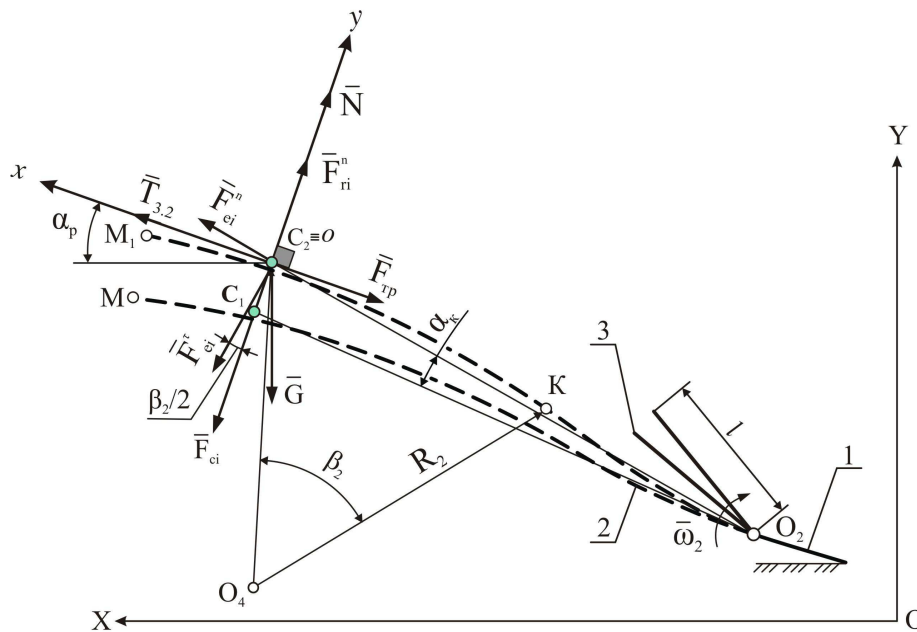


Рис. 6. Схема сил, які діють на частку ґрунту при переміщенні по опуклій частині ввігнуто – опуклої кривої під час руху угору: 1 - викопувальна скоба; 2 - розпушувач; 3 - важіль.

Згідно з рис. 6 диференціальні рівняння руху частки ґрунту по опуклій частині поверхні з напрямною KM буде мати вигляд

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= T_{3.2} + F_{ei}^n \cdot \cos\left(\frac{\beta_2}{2}\right) + F_{ei}^\tau \cdot \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right) - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{mp} = 0 \\ m\ddot{y} &= N + F_{ei}^n \cdot \sin\left(\frac{\beta_2}{2}\right) - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_\kappa) - F_{ei}^\tau \cdot \cos\left(\frac{\beta_2}{2}\right) - F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

З другого рівняння системи (16) знайдемо значення N , а потім вирішимо перше рівняння відносно $T_{3,2}$.

$$\begin{aligned}
 T_{3,2} = & mg \sin \left(\alpha_{pn} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} - \frac{v_r \cdot t_2}{R_2} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t_2))}{l} \right) + \\
 & + \left(mg \cos \left(\alpha_{pn} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} - \frac{v_r \cdot t_2}{R_2} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t_2))}{l} \right) + m \frac{e\omega_1^2 \cos(\omega_1 t_2) v_r t_2}{l} \right) \times \\
 & \times \cos \left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2} \right) + 2m \frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l} - m \left(\frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l} \right)^2 v_r t_2 \times \\
 & \times \sin \left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2} \right) \left(f - m \left(\frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l} \right)^2 v_r t_2 \cos \left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2} \right) - \right. \\
 & \left. - m \frac{e\omega_1^2 \cos(\omega_1 t_2) v_r t_2}{l} \sin \left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2} \right) \right),
 \end{aligned} \tag{17}$$

де R_2 - радіус дуги КМ; t_2 - час переміщення частки ґрунту по дузі КМ.

За отриманими залежностями (9), (12), (15), (17) зроблено розрахунки величини рухомої сили в програмі Maple для поверхонь розпушувача з напрямними у вигляді: прямої, опуклої кривої та ввігнуто – опуклої кривої, які утворені дугами кола.

Для обчислення значень рухомої сили по розглянутих поверхнях розпушувача приймаємо такі вхідні дані:

постійні вхідні данні, які в наведені в табл. 1

Таблиця 1

Постійні вхідні дані для обчислення рухомої сили

e , м	v_r , м/с	l , м	L , м	f	g , м/с	ω_1 , с ⁻¹	m , кг
0,019	1,45	0,35	1	0,5	9,81	26	80

змінні вхідні данні для поверхонь з напрямними виду:

- прямої – $\alpha_p = 15^\circ$;
- опуклої – $\alpha_p = 25^\circ$, $R = 2$ м;
- ввігнуто - опуклої – $\alpha_p = 15^\circ$, $R_1 = 0,8$ м, $R_2 = 1,4$ м.

Графічне відображення результатів розрахунків рухомої сили наведено на рис. 7 - 9.

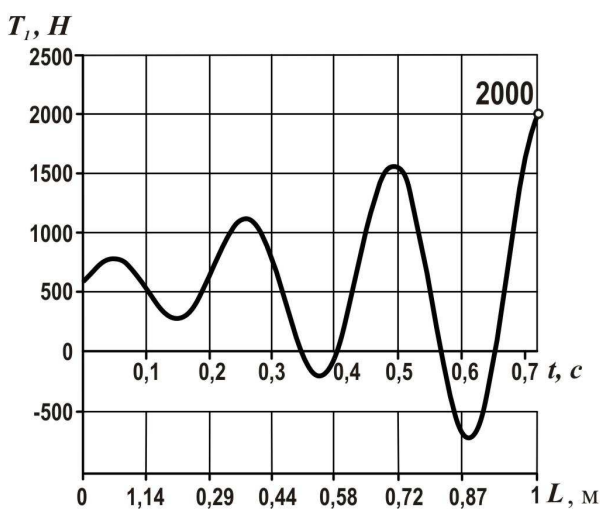


Рис. 7. Зміна рухомої сили на переміщення частки ґрунту по поверхні розпушувача з прямою напрямною.

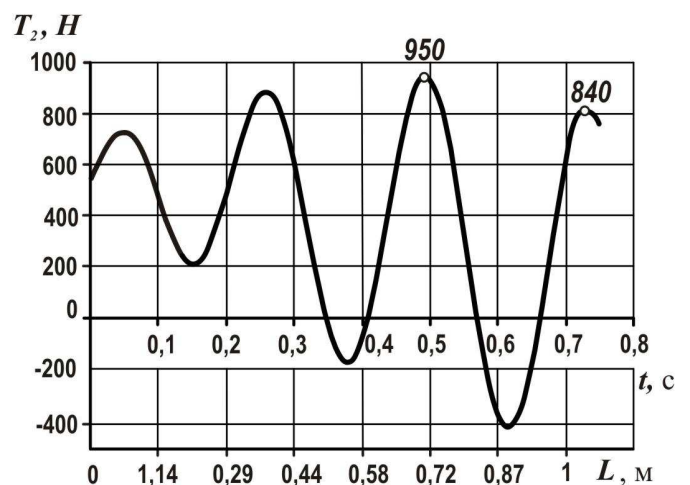


Рис.8. Зміна рухомої сили на переміщення частки ґрунту по поверхні розпушувача з опуклою напрямною.

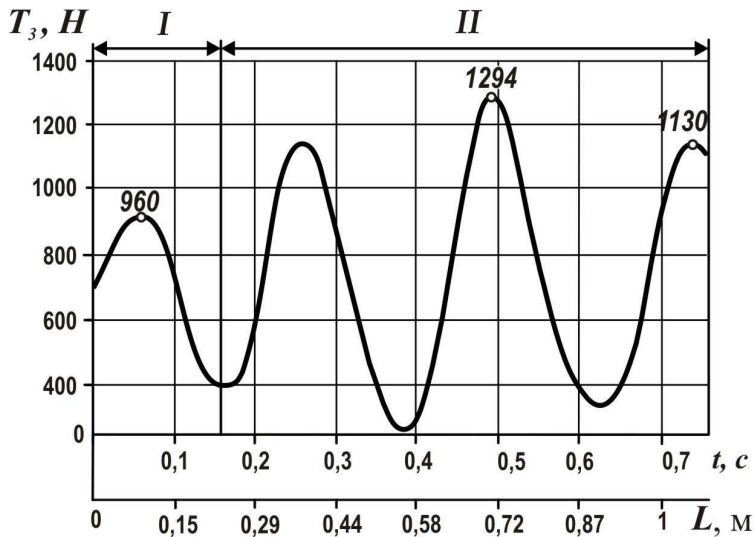


Рис. 9. Зміна рухомої сили на переміщення частки ґрунту по поверхні розпушувача з ввігнуто - опуклою напрямною: *I* - зміна рухомої сили $T_{3,1}$, *II* - зміна рухомої сили $T_{3,2}$.

З наведених залежностей видно, що на поверхні розпушувача з прямою напрямною (рис. 7) рухома сила на кінці розпушувача досягає 2000 Н. На поверхні, яка має опуклу напрямну (рис. 8) значення рухомої сили на довжині розпушувача 0,72 м, досягає 950 Н, яке є найменшим. На поверхні, яка має ввігнуто - опуклу напрямну (рис. 9) на ввігнутій частині максимальне значення дорівнює 960 Н, а потім зростає до 1294 Н на опуклій частині поверхні. Але, враховуючи те, що рухома

сила є змінною та має періоди зростання і зменшення, то остаточний вибір поверхні доцільно зробити після визначення роботи рухомої сили на переміщення частки ґрунту, яка є основною оцінкою дії рухомої сили і дозволить зробити остаточний вибір поверхні.

Визначимо роботу рухомої сили на переміщення частки ґрунту по поверхням розпушувача з напрямними у вигляді: прямої, опуклої і ввігнуто – опуклої кривої (рис. 10). Роботу рухомої сили визначимо з умов переміщення частки ґрунту на однакову висоту a .

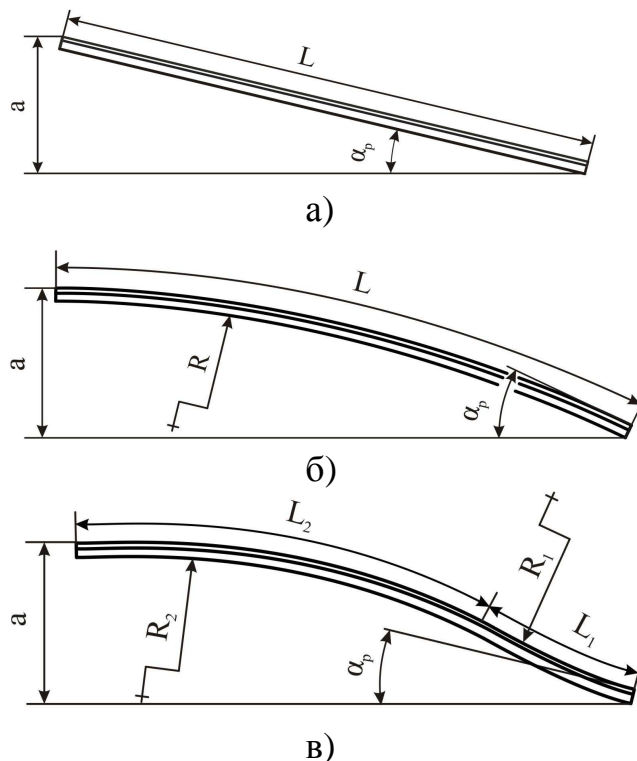


Рис. 10. Види напрямних поверхонь розпушувача: а) пряма; б) опукла крива; в) ввігнуто - опукла крива.

Робота рухомої сили на переміщення частки ґрунту по поверхні розпушувача з прямою напрямною обчислюється за такою формулою

$$\begin{aligned}
 A_{T_1} = & \int_0^t \left(m \cdot g \cdot \sin \left(\alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l} \right) + \right. \\
 & + \left(mg \cdot \cos \left(\alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l} \right) + m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} + \right. \\
 & + \left. 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} \right) \cdot f - m \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t \times \\
 & \times \left(\sqrt{v_r^2 + \left(\frac{e \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \omega_1 \cdot v_r \cdot t}{l} \right)^2} \right) dt,
 \end{aligned} \tag{18}$$

де $v_r^2 + \left(\frac{e \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot \omega_1 \cdot v_r \cdot t}{l} \right)^2$ - абсолютна швидкість руху частки ґрунту по розпушувачу.

Робота рухомої сили на переміщення частки ґрунту по поверхні з опуклою кривою напрямною обчислюється за таким виразом

$$\begin{aligned}
 A_{T_2} = & \int_0^t \left(\left(m \cdot g \cdot \sin \left(\alpha_{pn} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l} \right) + \right. \right. \\
 & + \left(m \cdot g \cdot \cos \left(\alpha_{pn} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l} \right) + m \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) v_r \cdot t}{l} \cdot \cos \left(\frac{v_r \cdot t}{2R} \right) + \right. \\
 & + \left. 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} - m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin \left(\frac{v_r \cdot t}{2R} \right) - \frac{m \cdot v_r^2}{R} \right) f - \\
 & m \cdot \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \cos \left(\frac{v_r \cdot t}{2R} \right) - m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} \cdot \sin \left(\frac{v_r \cdot t}{2R} \right) \times \\
 & \times \sqrt{\left(v_r - \frac{e \cdot \sin(\omega_1 t) \cdot \omega_1 \cdot v_r \cdot t}{l} \cdot \sin \left(\frac{v_r t}{2R} \right) \right)^2 + \left(\frac{e \cdot \sin(\omega_1 t) \cdot \omega_1 \cdot v_r \cdot t}{l} \cos \left(\frac{v_r t}{2R} \right) \right)^2} dt,
 \end{aligned} \tag{19}$$

де $\left(v_r - \frac{e \cdot \sin(\omega_1 t) \cdot \omega_1 \cdot v_r \cdot t}{l} \cdot \sin \left(\frac{v_r t}{2R} \right) \right)^2 + \left(\frac{e \cdot \sin(\omega_1 t) \cdot \omega_1 \cdot v_r \cdot t}{l} \cos \left(\frac{v_r t}{2R} \right) \right)^2$ -

абсолютна швидкість руху частки ґрунту по розпушувачу з опуклою кривою напрямною.

Робота рухомої сили на переміщення частки ґрунту по поверхні розпушувача з зв'гнуто - опуклою кривою напрямною має дві складові

$$A_{T_3} = A_{T_{3,1}} + A_{T_{3,2}}. \tag{20}$$

Роботи рухомої сил $T_{3,2}$ розраховується за формулою (19) а робота $T_{3,1}$ за подібною формулою (не наведено).

Обчислення роботи рухомої сили по розглянутим поверхням розпушувача проведено за вхідними даними, які були прийнято для обчислення величини рухомої сили з використанням програмної оболонки Maple, а результати наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Робота рухомої сили на переміщення частки ґрунту по розпушувачу з різними формами поверхонь, Дж

Поверхні розпушувача з напрямними		
прямою, A_{T_1}	опуклою кривою, A_{T_2}	ввігнуто - опуклою кривою, A_{T_3}
1306	997	1097

З даних табл. 2 виходить, що робота рухомої сили є найменшою на поверхні з опуклою кривою напрямною і дорівнює 997 Дж.

Для більш інтенсивного розпушення ґрунтової скиби з саджанцем визначимо режим качання розпушувача з урахуванням другого рівняння системи (16).

Підкидання частки ґрунту розпушувачем виникає при таких умовах:

1) величина нормального прискорення розпушувача повинна бути більшою за прискорення сили тяжіння;

2) напрям нормального прискорення розпушувача має бути спрямованим донизу;

3) напрям руху розпушувача має бути спрямованим угору.

Забезпечення першої умови. Частка ґрунту під час качання розпушувача залишається на поверхні при виконанні нерівності $N > 0$, яка має вид

$$\begin{aligned} & \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \frac{v_r^2}{R} + \\ & + \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) v_r \cdot t}{l} \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \frac{2 \cdot e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} \geq \\ & \geq g \cdot \cos\left(\alpha_{pn} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right). \end{aligned} \quad (21)$$

Розпушувач здійснює де кілька качань під час руху частки ґрунту по його поверхні а його кутова швидкість буде мати вираз

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{L}, \quad (22)$$

де n – кількість качань розпушувача під час руху частки ґрунту по поверхні з довжиною L .

Тоді нерівність (21) приймає вигляд

$$\begin{aligned} & \left(\frac{e \cdot 2\pi \cdot n \cdot v_r^2 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r \cdot t}{L}\right)}{L \cdot l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \frac{v_r^2}{R} - \\ & - \frac{e \cdot \left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r \cdot t}{L}\right)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r \cdot t}{L}\right) v_r \cdot t}{l} \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \frac{4 \cdot e \cdot \pi \cdot n \cdot v_r^2 \cdot t \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{L} t\right)}{L \cdot l} \geq \\
 & \geq g \cdot \cos\left(\alpha_{pn} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{L} \cdot t\right)\right)}{l}\right). \quad (23)
 \end{aligned}$$

Нерівність (23) надає можливість визначити час відриву частки ґрунту від поверхні.

Забезпечення другої і третьої умови. Для визначення напрямів прискорення і руху розпушувача будуюмо графіки прискорення і швидкості. Швидкість визначається інтегруванням лівої частини нерівності (23).

Обчислення значень часу відриву частки ґрунту від поверхні розпушувача, швидкості v та прискорення поверхні a^n проведено за вхідними даними, які були прийняті для обчислення величини рухомої сили з використанням програмної оболонки Maple. За результатами обчислень побудовано залежності, які наведено на рис. 11.

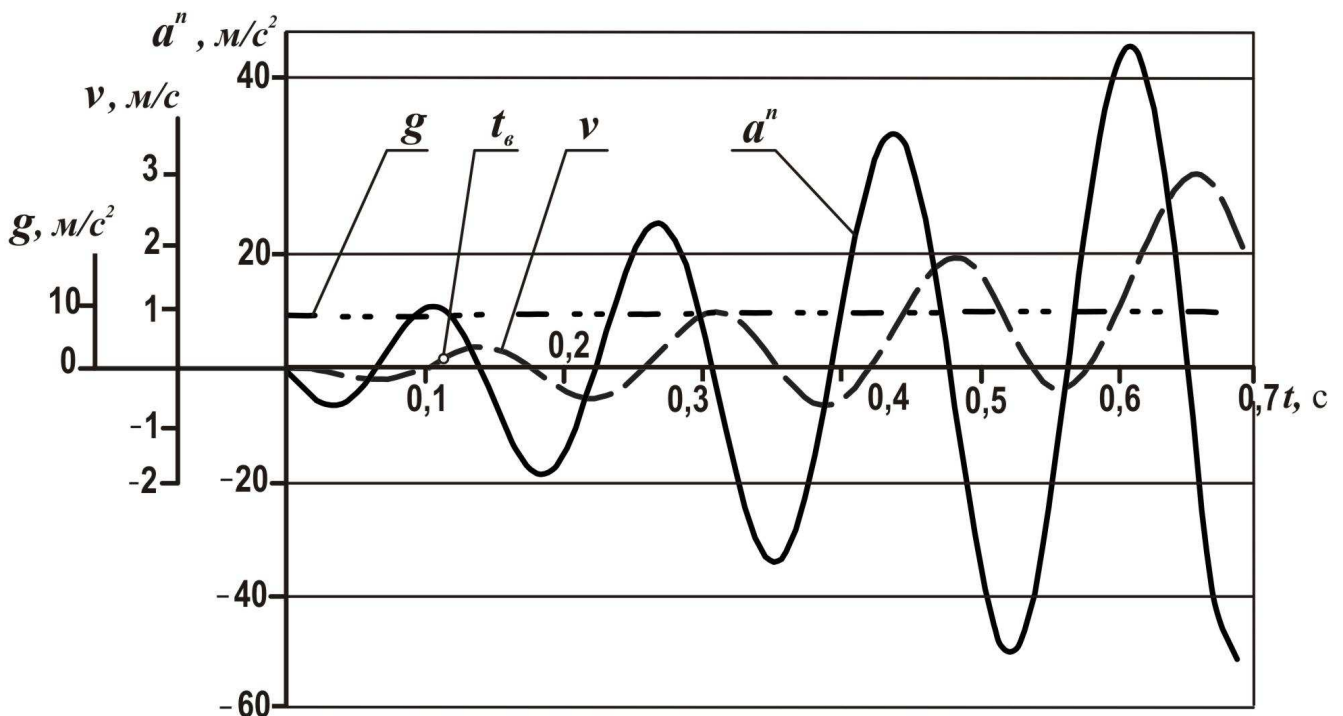


Рис. 11. Зміни швидкості v та прискорення поверхні розпушувача a^n в залежності від часу.

З наведених залежностей (рис. 11) видно, що час початку відриву частки ґрунту від поверхні розпушувача настає при $t_g = 0,11$ с, при цьому напрям швидкості v спрямовано угору а прискорення a^n – донизу, тобто забезпечується перша, друга і третя умови.

Величина ексцентриситету визначається за умови перевищення прискорення розпушувача над прискоренням вільного падіння у третьому квадранті обертання ексцентрика. За цих умов величина ексцентрика має бути $e \geq 0,02$ м.

У третьому розділі «Експериментальні дослідження» наведено програму, завдання, методику і результати польових досліджень викопувального плуга ВПН - 2 з експериментальним зразком робочого органу.

Експериментальними дослідженнями було передбачено проведення оптимізації конструктивних параметрів розпушувача за критерієм мінімізації зусилля на витягування саджанців, що забезпечує покращення умов праці робітників з одночасним збереженням якості їх кореневої системи.

Програмою експериментальних досліджень було передбачено:

- виготовлення дослідного зразка робочого органу для викопувального плуга ВПН - 2 з розпушувачем, вид поверхні якого обґрунтовано в теоретичних дослідженнях;

- проведення планованого експерименту з метою оптимізації конструктивних параметрів розпушувача за критерієм мінімізації зусилля на витягування саджанців робітниками, при якому забезпечується якість кореневої системи відповідно до технічних умов на саджанці.

Для підтвердження результатів теоретичних досліджень та визначення оптимальних конструктивних параметрів експериментального робочого органу викопувального плуга були проведені дослідження під час випробувань в розсаднику ТОВ «Блексі фрут компані» з використанням методу математичного планування експерименту при викопуванні саджанців плодових культур.

Випробування проведено на чорноземі південному суглинковому, вологість якого дорівнювала 19,6 %, твердість – 1,5 МПа, щільність – 1,2 г / см³. Викопуванню підлягали дворічні саджанці яблуні сорту Ред Чиф і Бребурн.

В експерименті варіюванню підлягали такі фактори:

- кут нахилу розпушувача до горизонту (фактор X_1);
- довжина важеля (фактор X_2);
- відстань між розпушниками (фактор X_3).

Значення рівнів та інтервалів варіювання факторів наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Рівні та інтервали варіювання факторів

Рівні варіювання	Найменування факторів		
	Кут нахилу розпушувача (X_1) α_p , град	Довжина важеля (X_2) l , м	Відстань між розпушниками (X_3) b_l , м
Нульовий	30	0,375	0,11
Нижній	25	0,3	0,08
Верхній	35	0,45	0,14
Інтервал варіювання	5	0,075	0,03

На підставі проведених досліджень отримано рівняння регресії для визначення зусилля на витягування саджанців з ґрунту, яке має вигляд

$$y = 284,51 - 9,73x_1 + 430,47x_2 - 87,07x_3 + 388,89x_2x_3 + 0,15x_1^2 + 619,56x_2^2 - 1396,67x_3^2 . \quad (24)$$

Для визначення точок оптимуму рівняння (24) диференціюємо по кожному фактору

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0,3x_1 - 9,73x_3 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 1239,12x_2 + 388,89x_3 - 430,47 = 0. \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = 388,89x_2 - 2793,34x_3 - 87,07 = 0 \end{cases} \quad (25)$$

Рішенням системи рівнянь (25) отримано мінімальне значення зусилля на витягування саджанців з ґрунту, яке становило 49 Н при таких значеннях факторів: $X_1 = 32^0$; $X_2 = 0,42$ м; $X_3 = 0,1$ м. Для графічного представлення функцій відгуку зафіксовано значення по кожному фактору на нульовому рівні, які наведені на рис. 12 – 14.

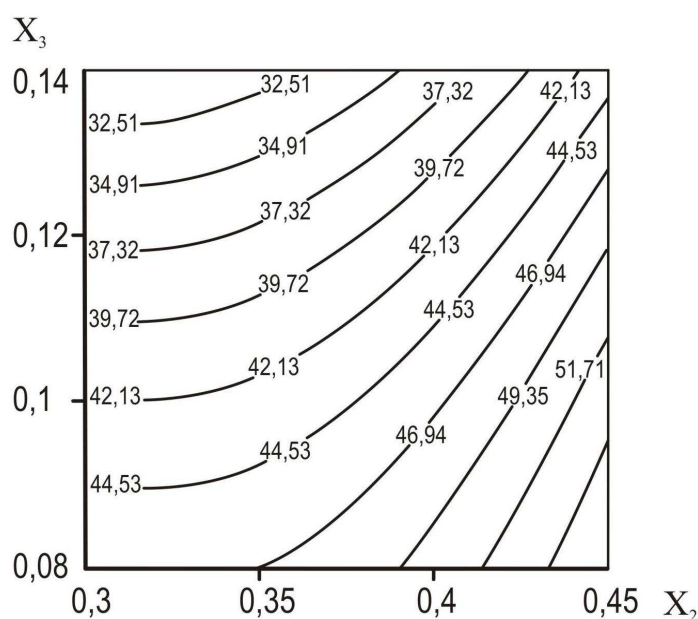


Рис.12. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку при фіксованому $X_1 = 30^0$.

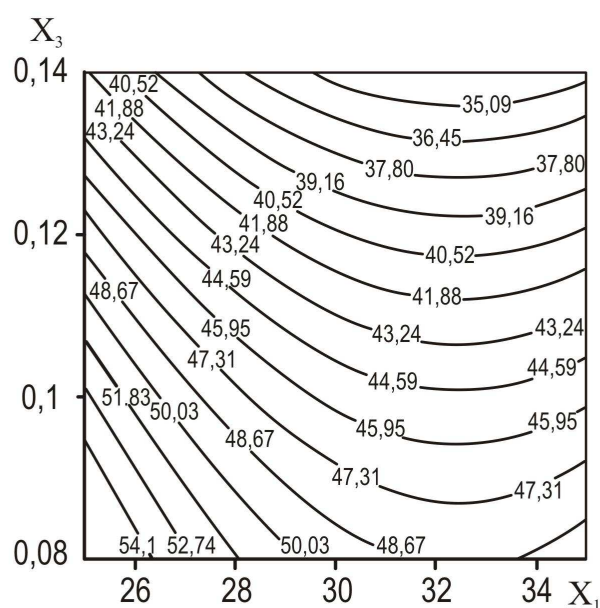


Рис.13. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку при фіксованому $X_2 = 0,42$ м.

Залежність зусилля на витягування саджанців від розглянутих факторів представлена на рис. 15 - 17.

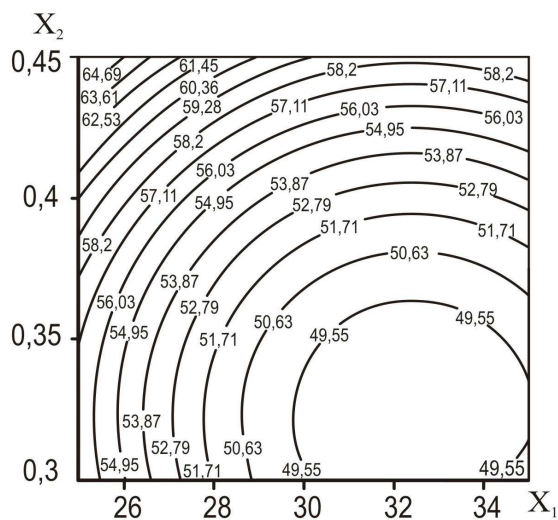


Рис. 14. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку при фіксованому $X_3=0,11$ м.

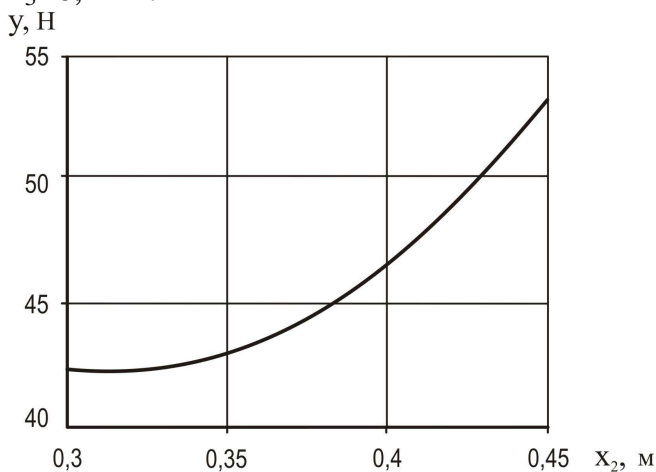


Рис. 16. Залежність зусилля на витягування саджанців від довжини важеля розпушувача (фактор X_2).

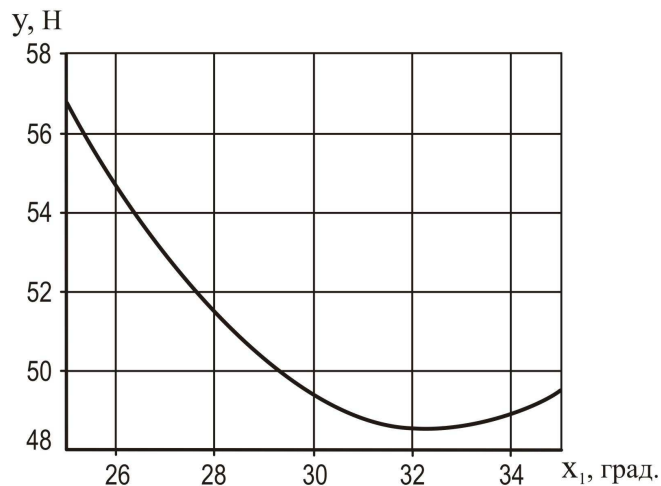


Рис. 15. Залежність зусилля на витягування саджанців від куту нахилу розпушувача (фактор X_1).

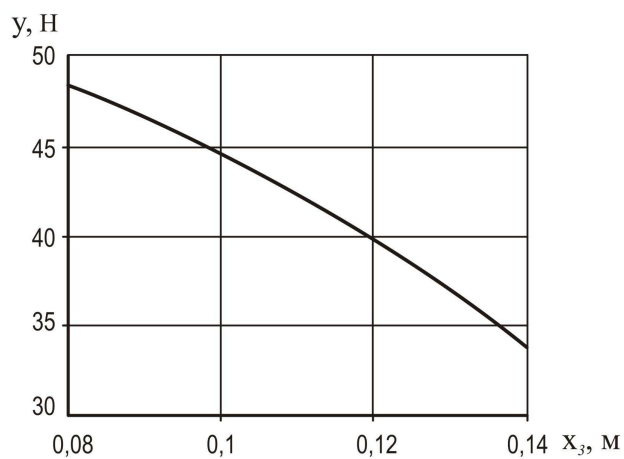


Рис. 17. Залежність зусилля на витягування саджанців від відстані між розпушниками (фактор X_3).

За отриманими залежностями (рис. 15-17) можливо проводити технологічні налагодження розпушувача з урахуванням умов викопування та параметрів кореневої системи саджанців.

На підставі експериментальних досліджень встановлено, що параметри робочого органу плугу ВПН - 2М мають такі оптимальні значення: кут нахилу поверхні розпушувача 32° , довжина важеля 0,42 м, відстань між розпушниками 0,1 м.

У четвертому розділі «**Науково – виробнича перевірка модернізованого викопувального плуга ВПН – 2М**» наведені результати перевірки викопувального плуга ВПН - 2М з розробленими робочими органами у складі з трактором ДТ - 75Н на викопуванні саджанці черешні в ДП ДГ «Мелітопольське» Мелітопольського району Запорізької області (рис. 18).



Рис. 18. Викопування саджанців черешні плугом ВПН – 2М з експериментальним робочим органом.

Перевіркою було передбачено проведення агротехнічної оцінки згідно з ОСТ 70.16.1 – 86 за такими показниками:

- робоча швидкість руху агрегату;
- глибина підкопування;
- повнота викопування саджанців;
- зусилля на витягування саджанців після підкопування;
- маса ґрунту, яка зв'язана з кореневою системою саджанця.

За результатами перевірки було встановлено, що викопувальний плуг ВПН – 2М з розробленим робочим органом забезпечував середню глибину підкопування саджанців 0,33 м, при якому зусилля на витягування саджанців робітником з ґрунту становило 42 Н, що на 40% менше нормативного значення з одночасним збереженням кореневої системи саджанців, яке перевищувало нормативне значення на 12%. При цьому 95 % викопаних саджанців відповідали першому сорту.

За результатами економічної оцінки встановлено, що за рахунок зменшення кількості обслуговуючого персоналу відбулося зниження витрат праці робітників при викопуванні саджанців на 187 люд. - год./га, що на 23% менше у порівнянні з ВПН – 2, при цьому річна економія коштів склала 2081 грн.

ВИСНОВКИ

На підставі аналізу засобів механізації для викопування та вибірки саджанців плодкових культур у розсаднику, а також проведених теоретичних та експериментальних досліджень процесу викопування саджанців вирішено ряд наукових і практичних завдань, що дозволяє зробити такі висновки:

1. На підставі аналізу функцій розпушувача встановлено, що він має бути активним, а на ефективне розпушення і відділення ґрунту від кореневої системи саджанця суттєвий вплив мають такі його параметри:

- режим коливань з відривом ґрунтової скиби від поверхні розпушувача;
- кут встановлення поверхні розпушувача до горизонту;

- відстані між розпушниками;
- час взаємодії поверхні розпушувача з ґрунтовою скибою.

2. Доведено, що конструктивно - технологічна схема розпушувача повинна мати можливість регулювати положення його поверхні до горизонту та амплітуду коливань, а також можливість змінювати відстань між розпушниками.

3. Встановлено, що найменше значення роботи рухомої сили на переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу досягається на лінійчатій поверхні, яка має напрямну у вигляді плоскої опуклої кривої з радіусом кривизни 2 м і складає $A_T = 997$ Дж.

4. Доведено, що режим коливань з відривом частки ґрунту на запропонованій поверхні розпушувача досягається у третьому квадранті обертання приводного валу ексцентрика з кількістю качань $n = 4$, частотою обертання 6 с^{-1} при швидкості руху агрегату 1,45 м/с, величині ексцентриситету $e = 0,02$ м.

5. Встановлено, що інтенсивність розпушення ґрунтової скиби доцільно змінювати амплітудою коливань розпушувача за рахунок регулювання довжини важеля. Також встановлено, що довжина важеля має бути в межах від 0,35 м до 0,45 м.

6. Експериментальні дослідження розпушувача з опуклою поверхнею у складі робочого органу викопувального плуга ВПН - 2М дозволили встановити, що зусилля на витягання саджанців робітниками з ґрунту становить 49 Н при таких параметрах розпушувача:

- кут нахилу поверхні розпушувача до горизонту $\alpha_p = 32^\circ$;
- довжина важеля $l = 0,42$ м;
- відстань між розпушниками в горизонтальній площині $b_l = 0,1$ м.

7. За результатами агротехнічної оцінки викопувального плуга ВПН-2М з розробленим розпушувачем при середній глибині підкопування 0,33 м встановлено, що збереження кореневої системи саджанців за її довжиною перевищувало нормативне значення на 12%; зусилля на витягання саджанців робітниками з ґрунту склало 42 Н, що на 40% менше нормативного значення, 95 % викопаних саджанців відповідали першому сорту.

8. Застосування модернізованого плугу ВПН – 2М з розпушувачем запропонованої конструкції дозволило знизити витрати праці робітників при вибірці саджанців на 187 люд. · год./га, що на 23% менше у порівнянні з ВСН – 1, при цьому річна економія коштів склала 2081 грн.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За проведеними дослідженнями та науково - виробничими випробуваннями встановлено доцільність використання викопувального плуга ВПН - 2М на викопуванні саджанців кісточкових культур, які мають найбільш розвинуту кореневу систему в ґрунтово - кліматичній зоні «Південний степ» на зрошенні.

СПИСОК

опублікованих наукових праць за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях

1. Караєв О.Г. Розрахунок енергоємності виробництва садивного матеріалу в плодovому розсаднику / О. Г. Караєв, О. І. Матковський // Праці Таврійської державної агротехнічної академії/ відп. за вип. О. Г. Складар. – Мелітополь, 2001. – Вип.1, т. 20. – С. 90 - 94 (здобувач зробив розрахунки енергоємності виробництва садивного матеріалу в плодovому розсаднику).

2. Матковський О. І. Удосконалення конструктивної схеми робочих органів викопувального плуга / О. І. Матковський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / відп. за вип. О. М. Леженкін. – Мелітополь, 2011. – Вип. 12, т. 5. – С. 160 - 167.

3. Кольцов М.П. Конструктивні параметри робочого органу викопувального плуга/ М. П. Кольцов, О. І. Матковський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету/ відп. за вип. О. М. Леженкін. – Мелітополь, 2012. – Вип. 11, т. 2. С. 126 - 132 (здобувач розробив склад конструктивних параметрів, які потребують досліджень з обґрунтування для робочого органу викопувального плуга).

4. Рубцов Н. О. Кінематичні характеристики коливального розпушувача – сепаратора викопувального плуга/ Н. О. Рубцов, О. І. Матковський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / відп. за вип. О. М. Леженкін. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12, т. 5. – С. 160 - 167 (здобувач навів методику розрахунку кінематичних характеристик).

5. Кольцов М. П. Тяговий опір коливального робочого органу викопувального плуга/ М. П. Кольцов, О. І. Матковський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / відп. за вип. Р. В. Складар. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 3. – С. 156 - 160 (здобувач розробив методику аналітичного розрахунку тягового опору робочого органу).

6. Рубцов М. О. Дослідження переміщення ґрунту з саджанцем коливальним розпушувачем викопувального плуга / М. О. Рубцов, О. І. Матковський / Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс].— Мелітополь: ТДАТУ, 2015.— Вип. 5, Т.1 – С.159 - 168. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html> (здобувач за результатами аналітичних досліджень отримав залежність величини роботи на переміщення ґрунтової скиби від параметрів розпушувача).

Статті у закордонних виданнях

7. Матковский А. И. Определение параметров и режимов колебаний рыхлителя плуга для выкопки саженцев / А. И. Матковский / Motrol: commission of motorization and

energetics in agriculture: an international journal on operation of farm and agri - food industry machinery. Lublin - Rzeszow, 2015. – Vol. 17, No 9. – P. 55 - 59.

Статті в інших виданнях

8. Караєв О. Г. Визначення параметрів і режимів коливань розпушувача плуга для викопування саджанців / О. Г. Караєв, О. І. Матковський // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти/. – Мелітополь, 2014. – Вип. 2. – С. 175 - 190.

9. Караєв А.И. Моделирование перемещения почвенного пласта с саженцем по активному рабочему органу выкопного плуга / А. И. Караєв, А. И. Матковский // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти/. – Мелітополь, 2015. – Вип. 3. – С. 201 - 210.

Матеріали і тези конференцій

10. Матковский А. И. Определение кинематических параметров разрыхлителя-сепаратора выкопного плуга / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.- техн. конф. (Минск, 19–20 окт. 2012 г.) /РУП «Научно – практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редколлегия: П. П. Козакевич (гл. ред.), О. О. Дударев. – Минск, 2012. – т. 1. С. 182 - 187.

11. Караєв О.Г. Визначення параметрів розпушувача викопувального плуга для викопування саджанців плодкових культур / О.Г. Караєв, О.І. Матковський // Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпропетровськ, 22 - 23 жовтня 2015 р.). – Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ, 2015. – С.64 - 65.

Патенти

12. Викопувальна скоба: корисна модель / Караєв О. Г., Матковський О. І. ; заявник та власник патенту ТДАТУ. – № u 201509299; заявл. 28.09.2015.

АНОТАЦІЯ

Матковський О. І. Обґрунтування параметрів робочого органу плуга для викопування саджанців плодкових культур. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 - машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. - Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2016.

Дослідження дисертаційної роботи спрямовані на поліпшення умов праці робітників при вибірці саджанців з підкопаного ґрунту з одночасним збереженням якості кореневої системи, які забезпечать оптимальний клас умов праці за рахунок застосування активного розпушувача викопувального плуга з оптимальними параметрами.

Дослідження дисертаційної роботи спрямовані на поліпшення умов праці працівників при вибиранні саджанців з підкопаного ґрунту з одночасним збереженням якості кореневої системи, які забезпечать оптимальний клас умов праці за рахунок застосування активного розпушувача викопувального плуга з оптимальними параметрами.

Аналіз функцій робочих органів плугів для викопування плодкових саджанців показав, що вони повинні бути активним, здійснювати переміщення, розпушення ґрунтової скиби з саджанцем та відділення ґрунту від кореневої системи. Переміщення ґрунтової скиби з саджанцем по розпушувачу з найменшою роботою досягається на лінійчатій поверхні, яка має напрямну у вигляді плоскої опуклої кривої.

Зменшення зусиль на витягування саджанців робітниками з підкопаного ґрунту досягається завдяки його розпушення та відділення від кореневої системи активним розпушувачем, параметри якого – величина ексцентриситету, кутова швидкість, довжина важеля і розпушувача, кут нахилу поверхні розпушувача, відстань між розпушувачами повинні бути оптимальними.

За результатами агротехнічної оцінки викопувального плуга ВПН-2М з розробленим розпушувачем встановлено: середня глибина підкопування дорівнювала 0,33 м, збереження довжини кореневої системи саджанців перевищувало нормативне значення на 12%, зусилля на витягування саджанців робітниками з підкопаного ґрунту склало 52 Н, що на 30% менше нормативного значення, 96% викопаних саджанців відповідали першому сорту.

Ключові слова: механізоване викопування, саджанці плодкових культур, викопувальний плуг, форма поверхні, коливальний розпушувач, зусилля витягування саджанців, якість саджанців.

АННОТАЦІЯ

Матковский А. И. Обоснование параметров рабочего органа плуга для выкопки саженцев плодовых культур. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 - машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Таврический государственный агротехнологический университет. – Мелитополь, 2016.

Исследования диссертационной работы направлены на улучшение условий труда работников при выборке саженцев из подкопанной почвы с одновременным сохранением качества корневой системы, которые обеспечат оптимальный класс условий труда за счет применения активного разрыхлителя выкопочного плуга с оптимальными параметрами.

Выращивание саженцев по существующим технологиям включает операции, выполняемые в полевых условиях, с преобладанием ручного труда. К трудоёмким операциям относится выборка саженцем после их подкапывания, усилие на вытягивания их работниками, превышает допустимый класс условий труда по показателям тяжести трудового процесса. Среди работ, которые выполняются в

плодопитомнике, выкопка саженцев относится к завершающим операциям, поэтому важно сохранение полученной при выращивании конфигурации кроны, штамба и корневой системы.

Функциональный анализ средств механизации выкопки саженцев позволил установить функции элементов рабочих органов и рассмотреть принципы воздействия на систему «почвенный пласт – корневая система саженца». Это позволило принять техническое решение о конструктивной схеме рабочего органа, который имеет два основных элемента: выкопочную скобу и шарнирно присоединенный разрыхлитель, качающийся в вертикальной плоскости параллельно направлению движения выкопочного агрегата.

Разработанные требования к принципу действия и техническому решению рабочего органа позволили усовершенствовать его функциональную структуру с последующим обоснованием его конструктивной схемы.

Исследованиями установлены закономерности влияния линейчатых поверхностей разрыхлителей на величину движущей силы для перемещения грунтового пласта с саженцем на поверхность поля, отличающимися формой направляющих.

Теоретическими исследованиями установлено, что работа на перемещение почвенного пласта с саженцем на поверхность поля будет наименьшей по линейчатой поверхности разрыхлителя, образованной направляющей в виде плоской кривой.

Прочность отделенного выкопочной скобой почвенного пласта с саженцем характеризуется наличием свойства связанности у почвенных агрегатов, которые препятствуют высвобождению корневой системы саженцев при выборке. Обеспечить необходимые условия для выборки саженцем через разрушение связей между почвенными агрегатами можно достичь крошением, разрыхлением почвенного пласта, качающимся разрыхлителем.

Исследования кинематики механизма коромыслового типа, (к которым относится разрыхлитель) в части математического описания колебаний точек коромысла, которое качается и равномерно движется, позволило решить задачу влияния изменения амплитуды колебаний по длине разрыхлителя и учесть в конструкции рычага возможность регулирования интенсивности разрушения почвенного пласта с саженцем.

Достаточное разрыхление обеспечивается кинематическим режимом работы разрыхлителя с подбрасыванием почвенного пласта с саженцами. Установлено, что для предложенного разрыхлителя такой режим наступает при частоте вращения эксцентрика $n_e = 6 \text{ с}^{-1}$.

Экспериментально установлено, что для обеспечения допустимого класса условий труда по показателям тяжести трудового процесса работников (до 70 Н) на вытягивании саженцев работниками во время выборки разрыхлитель должен иметь следующие параметры: угол наклона поверхности разрыхлителя α_p к горизонту – 32^0 ; длина рычага $l = 0,42$ м; расстояние между рыхлителями b_l в горизонтальной плоскости

– 0,1 м. При таких значениях усилие на вытягивание составило 49 Н, а 96% выкопанных саженцев отвечала первому сорту.

Основные результаты исследований внедрены в ГП ОХ «Мелитопольское» (Запорожская обл., Мелитопольский район, с. Фруктовое). Использование модернизированного выкопчного плуга ВПН-2М с экспериментальным рабочим органом позволило за счет уменьшения количества работников на выборке саженцев получить экономию затрат ручного труда на 187 чел·ч/га, то есть на 23 %. Получена экономия в размере 2081 грн.

Ключевые слова: механизированная выкопка, саженцы плодовых культур, выкопчный плуг, форма поверхности, качающийся разрыхлитель, усилие вытягивания саженцев, качество саженцев.

SUMMARY

Matkovskiy O.I. Plough Working Part Parameters Substantiation for Fruit Tree Stocks Digging out. – As a Manuscript.

Thesis for a Degree in of the candidate of Technical Sciences. Specialty 05.05.11 – Machines and Means of Farm Production Mechanization.- Tavria State Agro-technological University. - Melitopol, 2016.

The dissertation research focuses on the problem of improving conditions for workers when choosing the samplings from undermined ground with simultaneous keeping the quality of root system enabling the optimal level for working conditions at the expense of application of excavating plough active scarifier possessing optimal parameters.

The analysis of plough working part functions for fruit tree stocks digging out has revealed that they should be active ones, accomplish moving, loosening the ground lump with tree stock as well as separating ground from their root system. Moving the ground lump with tree stock along the scarifier with least work is being reached on the linear surface having the guide in the shape of flat convex curve.

Reducing the workers' efforts for pulling the tree stocks out the undermined ground is being attained owing to its preliminary loosening and separating from root system by means of active scarifier the parameters of which – eccentricity value, angle speed, lever and scarifier length, scarifier surface angle slope, distance between scarifiers – should be optimal.

According to the results of VPN – 2M excavating plough agro-technical estimation with the worked out scarifier it has been defined that: the average depth of undermining equaled to 0,33 м, stocks root system length keeping exceeded its normative value per 12 %, workers' efforts for pulling the tree stocks out the undermined ground made up 52 N being 30% less than the normative value, 96% of the stocks having been dug out corresponded to the first rate.

Keywords: fruit tree stocks digging out, surface shape, scarifier parameters, fluctuation modes, efforts to pull seedlings, quality of tree stocks.

Підписано до друку _____ 2016 _____ Формат 60×84, 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура «Times New Roman». Друк офсетний.
Обсяг 0,9 умов. друк. арк. Тираж 100 прим. Замов. № 306.

Надруковано в типографії Таврійського державного агротехнологічного
університету 72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18.

