

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**КАРАЄВ ОЛЕКСАНДР ГНАТОВИЧ**

УДК 631.362.3.002.5

**НАУКОВІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ  
СИСТЕМ РОЗСАДНИЦТВА ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР**

05.05.11 – машини і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Мелітополь – 2017

Дисертацією є рукопис

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

Науковий консультант: **Надикто Володимир Трохимович**,  
доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН України, проректор з наукової роботи Таврійського державного агротехнологічного університету.

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

**Пастухов Валерій Іванович**,  
доктор технічних наук, професор  
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,  
завідувач кафедри сільськогосподарських машин

**Тіщенко Сергій Сергійович**,  
доктор технічних наук, професор  
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, професор кафедри вищої математики

Захист відбудеться « 2 » березня 2017 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 18.819.01 у Таврійському державному агротехнологічному університеті за адресою: 72310, Запорізька область, м. Мелітополь, проспект Б. Хмельницького, 18

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Таврійського державного агротехнологічного університету за адресою: 72310, Запорізька область, м. Мелітополь, проспект Б. Хмельницького, 18

Автореферат та дисертація розміщені в мережі Internet за адресою <http://www.tsatu.edu.ua/nauka/specializovani-vcheni-radu/>

Автореферат розісланий « 30 » січня 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

С.О. Квітка

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Галузь розсадництва плодкових культур є основою промислового садівництва і призначена забезпечувати її сертифікованим садивним матеріалом у необхідній кількості, що визначає сталий розвиток галузі садівництва України, яке, в свою чергу, виконує важливу задачу з забезпечення громадян плодовою продукцією у нормах, визначених ВООЗ. Цією організацією визначено, що людина має споживати не менше 400 г фруктів на добу, або близько 140 кг на людину на рік, у той час, коли виробництво плодів в Україні не перевищує 70 кг на людину на рік.

Галузевою програмою розвитку садівництва України на період до 2025 року передбачено збільшення площ, зайнятих під садами, на 4,5%. Станом на 01.01.2011 року площі під садами склали 99,2 тис. га, тобто прогнозоване середнє збільшення площ закладання садів щороку має дорівнювати 5 тис. га. За даними Сільськогосподарської інспекції України збільшення площ у середньому склало 4,5 тис. га, а згідно з державним Реєстром України виробників садивного матеріалу існує 182 розсадницьких господарства, потужність яких складає близько 8680 тис. шт. саджанців на рік, що забезпечує 3,5 тис. га закладання садів на 1,5 тис. га на рік, а потреба складає 12500 тис. шт. Тобто маємо дефіцит садивного матеріалу вітчизняного виробництва у кількості 3820 тис. шт. на рік.

Відтворення продукції садівництва здійснюється відповідно до державних класифікаторів, якими встановлена діяльність з селекції сортів, яка визначає певну конфігурацію сорту, діяльність з вирощування садивного матеріалу, забезпечує збереження конфігурації сорту у складі щепи і саме вирощування фруктів, де забезпечується конфігурація якості плодів. Як бачимо, центральне місце займає діяльність з вирощування садивного матеріалу і тому особлива увага з боку держави приділяється саме галузі розсадництва.

Управління виробництвом продукції розсадників в Україні здійснюється шляхом обов'язкової атестації виробництв відповідно до Закону України «Про насіння і садивний матеріал». Основною метою атестації розсадників згідно з ДСТУ 3414 «Атестація виробництва. Порядок здійснення» є оцінювання їх технічних можливостей забезпечення стабільного виробництва садивного матеріалу, який відповідає вимогам відповідної нормативної документації. Розсадник має мати порядок реєстрації результатів контролю якості готової продукції, методики контролю стану росту і розвитку рослин під час їх вирощування в технологічних процесах структурних одиниць розсадника.

Тобто, вимоги закону висувають перед виробником досить складні задачі управління виробництвом, яке може бути здійснено тільки за наявності відсутніх нині у господарствах оптимальних механізованих технологічних комплексів (далі – МТК), у яких вагоме значення мають засоби механізації.

Вирішення даної проблеми можливе за рахунок розроблення засобів створення оптимальних МТК, які забезпечують отримання гарантованого садивного матеріалу з раціональним використанням ресурсів і формують належні умови до державної атестації виробництв, що і є науковою гіпотезою даної дисертаційної роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті за державною програмою «Розробка технологій та технічних засобів для рослинництва в умовах зрошеного землеробства в Україні» (2011-2015 рр. № державної реєстрації 0107U008955), а також в Інституті зрошеного садівництва імені М.Ф Сидоренка НААН (нині – Мелітопольська дослідна станція садівництва імені М.Ф Сидоренка ІС НААН) за державними програмами: «Удосконалити існуючі та розробити нові технології і технічні засоби багатофункціонального автоматизованого зрошення та механізації трудомістких процесів при вирощуванні багаторічних насаджень в умовах півдня України (2000-2005 рр. № державної реєстрації 0101V001788 ), «Розробити наукові основи створення інформаційних і технологічних систем управління ресурсами в процесах відтворення товарної продукції плодівництва на меліорованих землях» (2005-2010 рр. № державної реєстрації 0106U006180).

**Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень – забезпечення ощадного витрачання та раціонального використання матеріальних, енергетичних і природних ресурсів під час вирощування садивного матеріалу плодівних культур встановленої якості шляхом розроблення наукових основ створення і застосування механізованих технологічних комплексів для розсадництва з ознаками їх адаптивності до умов виробництва.

**Завдання досліджень:**

- виявити невідповідності в технологічних процесах і засобах механізації існуючого виробництва садивного матеріалу плодівних культур сучасним вимогам і розробити методологію моделювання механізованих технологічних комплексів розсадників;
- розробити організаційну і функціональну моделі технологічних процесів вирощування садивного матеріалу в структурних одиницях розсадника, за допомогою яких сформувавши теоретичні передумови для створення відповідних засобів механізації;
- обґрунтувати метод формування комплексів машин і розробити програмне забезпечення для здійснення їх автоматизованого вибору;
- розробити інформаційну і виробничу моделі процесу вирощування садивного матеріалу плодівних культур і на їх підставі створити базу даних для оптимізації комплексів машин;
- провести науково-виробничу перевірку результатів досліджень в розсадниках і надати економічну ефективність застосування розроблених механізованих технологічних комплексів вирощування садивного матеріалу плодівних культур.

*Об'єкт досліджень* – технологічні процеси вирощування садивного матеріалу плодівних культур у розсаднику механізованими комплексами машин.

*Предмет досліджень* – закономірності впливу параметрів механізованих технологічних комплексів окремих структурних одиниць розсадника на ресурсоемність та ресурсощадність процесів вирощування садивного матеріалу і його якість.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження проводились з використанням методів математичного моделювання та положень теоретичної механіки, диференційного, інтегрального та тензорного числення.

Експериментальні дослідження проводили у лабораторних і польових умовах як за загальноприйнятими, так і спеціально розробленими методиками. Оброблення дослідних даних здійснювали за допомогою ПЕОМ із застосуванням регресійного аналізу.

## Наукова новизна одержаних результатів

*вперше:*

- запропоновано і обґрунтовано теоретичними та експериментальними дослідженнями сім технологічних варіантів взаємозв'язків структурних об'єктів розсадника для реалізації обраного виробником способу вирощування саджанців плодкових культур із мінімальною ресурсоемністю;

- розроблено нові графоаналітичні закономірності, які описують алгоритм практичного упровадження розроблених технологічних варіантів взаємозв'язків структурних об'єктів розсадника і дозволяють визначити головні етапи процесу впливу фенологічних фаз росту і розвитку рослин на своєчасність застосування механізованих операцій їх вирощування;

- у напрямку розширення теорії формальних методів прийняття рішень розроблено метод оптимального вибору машин для вирощування садивного матеріалу, який характеризується застосуванням тензорного числення для здійснення пошуку оптимального варіанту в неоднорідному параметричному середовищі за тривимірними векторами-аргументами критерію оптимізації. Особливостями формування цих векторів є застосування вперше запропонованих коефіцієнтів, що дозволяють уточнювати якість і тривалість виконання технологічних операцій;

- розроблено метод визначення стабільності технологічного процесу вирощування садивного матеріалу плодкових культур на основі обчислення довірчих інтервалів значень контрольованих параметрів і їх порівняння з відповідними інтервалами нормативних значень з урахуванням коефіцієнтів, які характеризують обсяг вибірок за розподілом їх середніх арифметичних значень та середніх квадратичних відхилень контрольованих параметрів;

- на підставі рішення і аналізу нових рівнянь поздовжньо-вертикального коливального руху скоби плуга для викопування саджанців вперше встановлено закономірності її функціонування від конструктивних і кінематичних параметрів, а також швидкості поступального руху у горизонтальній площині.

*дістало подальшого розвитку:*

- метод оцінювання технологій вирощування саджанців плодкових культур за енергетичними еквівалентами витрачених ресурсів в частині формування вперше запропонованої єдиної шкали безрозмірних коефіцієнтів енергоемності процесів і ресурсів з виявленням їх надлишковостей і частковим розподілом за процесами;

- методи статистичного вибіркового входного контролю проміжної і кінцевої продукції розсадника в частині визначення оптимального обсягу вибірки з урахуванням ризику виробника, що надає змогу мінімізувати ймовірність втрати ним економічної вигоди.

**Практичне значення отриманих результатів.** Основну практичну значущість результатів теоретичних та експериментальних досліджень становлять розроблені по кожному структурному об'єкту розсадника технологічні схеми вирощування рослин з виділеними головними етапами, за якими може бути оцінена якість саджанців.

Результати досліджень впроваджені Міністерством аграрної політики та продовольства України при створенні системи стандартів, які регламентують технологічні процеси виробництва садивного матеріалу:

- ДСТУ 7639:2014 «Культури кісточкові. Щепи. Вимоги та методи контролювання»;

- ДСТУ 7897: 2015 «Культури плодові. Метод статистичного контролю стабільності технологічного процесу вирощування»;

- ДСТУ 8315:2015 «Культури плодові. Контроль якості продукції розсадників і садів методом статистичних вибірок».

Практичні рекомендації щодо ефективного застосування машин для обробки ґрунту, сівби насіння кісточкових культур, викопування саджанців, а також методів контролю за станом рослин у процесі їх вирощування впроваджені в ДП ДГ «Мелітопольське», Мелітопольського району Запорізької області (акт про впровадження від 01.09.2016 р.) та в ТОВ «Агро-Фенікс» Мелітопольського району Запорізької області (акт про впровадження від 01.10.2016 р.).

Основні положення виконаного дослідження використані в навчальному процесі Таврійського державного агротехнологічного університету, де протягом останніх трьох років викладаються в межах дисципліни «Сільськогосподарські і меліоративні машини» (акт про впровадження 06.09.2016 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати, які відображають сутність роботи, отримані автором самостійно. Загальна частка участі в опублікованих у співавторстві працях складає до 75%, а в нормативних і охоронно-правових документах – до 90%. Постановка наукової проблеми та визначення шляхів її вирішення виконано спільно з науковим консультантом.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи викладені в доповідях на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, співробітників і магістрів Таврійського державного агротехнологічного університету (2012 – 2016 рр.), 4-му міжнародному конгресі «Биоконверсия органических отходов и охрана окружающей среды» (Київ, НАУ, 1996), науково - технічній нараді «Раціональне використання водних ресурсів» (сmt. Якимівка, Запорізька обл., 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Імпортозамінні технології вирощування продукції садівництва та рослинництва» (Умань, 2015 р., 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали» (Дніпропетровськ, 2015 р.), науково - практичному семінарі «Меліорація та водовикористання» (Мелітополь, 2016 р.) XVII Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (Суми, 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології збалансованого природокористування в агропромисловому виробництві» (Ніжин, 2016 р.).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 64 наукових працях (обсягом 36,6 у.д.а.), серед яких 3 монографії (обсягом 5,75 у.д.а.), 23 статтях у фахових виданнях (обсягом 0,33 у.д.а.), у 10 закордонних виданнях та виданнях України, які входять до наукометричних баз (обсягом 2,7 у.д.а.), 6 статей в матеріалах доповідей, рекомендаціях та наукових звітах (обсягом 7,0 у.д.а.), 12 патентах на винаходи, 3 державних стандартах України.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків і пропозицій, списку літератури та додатків. Дисертація викладена на 352 сторінках машинопису і включає 93 таблиці та 88 рисунків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «Аналіз виробництва продукції розсадництва плодкових культур» на підставі аналізу сучасної законодавчої і нормативної бази встановлено, що розсадник, як об'єкт державної атестації, повинен мати документи, які регламентують технологічні процеси вирощування і збереження садивного матеріалу. Такі документи розробляються відповідно до нормативних документів державного рівня. Розробленням документів такого рівня займалися П.В. Кондратенко, О.М. Бублик, Л.Н. Шевчук, В.А. Соболев, В.М. Удовиченко та ін. Але всі їх розробки визначають тільки технічні вимоги готової продукції розсадництва і не містять вимог до технологічних процесів їх отримання, а саме: опису способів та методів розмноження і дорощування саджанців; блок-схем технологічних процесів виробництва з виділеними головними етапами; постів контролю і методів його проведення, а також методів прийняття рішень щодо застосування коригувальних дій.

Приймаючи до уваги те, що продукція розсадника є проміжною між сортом і плодами, а розсадник має забезпечити збереження конфігурації сорту у складі щепи, то від наявності відповідного МТК певного розсадника, який створено на основі наукових рекомендацій, залежить прояв генетичних ознак сорту і мінімізуються ризики виробників. Під терміном МТК будемо розуміти організовану сукупність засобів виробництва продукції розсадництва (структурні одиниці розсадника, рослини, машини, обладнання, а також методи статистичного контролю параметрів рослин в процесі їх вирощування).

На підставі енергетичного аналізу вирощування саджанців за типовою технологією визначено, що енергоємність отримання саджанців дорівнює 29,3 ГДж/га (при квоті 15 ГДж/га), а частка на викопування саджанців є однією з найбільших – 9,8%. З урахуванням цього виникла потреба в уточненні вимог на технологічні процеси вирощування рослин в структурних одиницях розсадника та в удосконаленні існуючих засобів механізації.

Також проведено енергетичне оцінювання маточно-сортового (живцевого) саду розсадника, у якому забезпечується збереження конфігурації сорту у складі щепи. Для цього запропоновано метод аналізу витрат ресурсів за енергетичним еквівалентом кожного технологічного процесу з подальшим представленням в агрегованому вигляді. Вхідні дані представлені матрицею (1)

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1N} \\ \vdots & & & & \\ P_{i1} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{iN} \\ \vdots & & & & \\ P_{M1} & \dots & P_{Mj} & \dots & P_{MN} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де  $P_{ij}$  – енергетичний еквівалент  $j$ -го ресурсу в  $i$ -у процесі, МДж/га.

Матриця (1) характеризує розподіл  $N$  ресурсів по  $M$  процесах технології виробництва живців маточно-сортовому (живцевому) саду з визначенням їх вагових коефіцієнтів енергоємності.

$$\mu_{Mj} = \frac{\sum_{i=1}^M P_{ij}}{\left( \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{i,j} \right) / N}, \quad \varphi_{iN} = \frac{\sum_{j=1}^N P_{ij}}{\left( \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{i,j} \right) / M}, \quad (2)$$

де  $\mu_{Mj}$  – енергоємність  $j$ -го ресурсу технології;

$\varphi_{iN}$  – енергоємності  $i$ -го процесу технології

та коефіцієнтів часткових розподілів

$$\xi_{ij} = \frac{P_{ij}}{\left( \sum_{i=1}^M P_{ij} \right) / M}, \quad \tau_{ij} = \frac{P_{ij}}{\left( \sum_{i=1}^N P_{ij} \right) / N}, \quad (3)$$

де  $\xi_{ij}$  – розподіл  $j$ -го ресурсу по процесах;

$\tau_{ij}$  – вміст частки  $j$ -го ресурсу в  $i$ -му процесі.

Встановлено, що в маточно-сортовому (живцевому) саду ресурс витрати техніки є найбільшим ( $\mu=2,5$ ). Розподіл часток даного ресурсу по процесам показав, що обробіток ґрунту вміщує найбільшу частку ( $\xi = 0,36$ ) і потребує першочергового дослідження.

Дослідженнями механізованих процесів в плодкових розсадниках і садах займалися І.С. Привалов, О.Ф. Сафонов, С.М. Саньков, А.О. Строй, В.К. Кукушкин, С.Г. Цимбал, С.И. Клиновий, В.В. Ілюхин, А.В. Войтік, О.І. Завравжков, О.В. Бойко, Л.Ю. Бондаренко, І.О. Чижиков, О.І. Матковський та ін. Але їх дослідження були спрямовані на підвищення ефективності роботи окремих машин.

Розробленням комплексів машин в плодкових розсадниках і садах займалися М.Е. Демідко, В.І. Фришев, А.В. Четвертаков, І.С. Кікабідзе та ін. Питаннями ефективного використання і розробки засобів механізації в рослинництві займалися М.К. Лінник, В.І. Пастухов, В.М. Кюрчев, В.Т. Надикто, А.С. Кушнарєв, С.С. Тіщенко та ін. Але їх дослідження не були спрямовані на створення МТК як системи управління процесами вирощування продукції.

З урахуванням вищезначеного виходить, що, не зважаючи на ефективність виконаних досліджень, існує наукова проблема формування такого МТК, який був би здатним забезпечувати гарантоване отримання сертифікованого садивного матеріалу.

У підсумку на підставі проведеного аналізу була сформульована мета і визначені задачі дослідження.

**У другому розділі** «Дослідження технологічних процесів в структурних одиницях розсадника» викладено методологію досліджень щодо створення МТК розсадників плодкових культур, сутність якої полягає у формуванні розсадника організаційної, функціональної, інформаційної і виробничої моделей. Методологією визначено науковий підхід створення МТК за принципами: «економічності» – забезпеченням МТК граничної корисності використання площі розсадника; «не перевищення» – ощадного витрачання матеріальних і енергетичних ресурсів; «обертового зв'язку» – забезпечення нормативної якості предмета праці (рослин, ґрунту); «збалансованості» – забезпечення співмірності між значущістю процесів та витратами ресурсів на їх реалізацію.

Постійний розвиток ринкових відносин створює умови для появи нових форм організації і управління виробництвом, з урахуванням яких МТК повинен мати такі ознаки:

- бути адаптивним до змін природних і соціальних умов;
- мати механізми оперативного застосування коригувальних дій;



- забезпечувати гарантоване виробництво сертифікованого садивного матеріалу.

Інформація про розсадник має бути представлена даними у вигляді класифікаторів – способів, операцій, технічних засобів, продукції, параметрів оцінки якості та об'єктів контролю.

Ефективність МТК характеризують за показниками: ресурсоемності – витрати матеріальних та енергетичних ресурсів, питома виробнича енергоемність; ресурсощадності – раціональне використання природних ресурсів; якості – технологічний вихід придатного садивного матеріалу.

Організаційна модель є структурно-схематичною. Параметри моделі: вхідні – виробничі об'єкти розсадника і характер репродукційного процесу; керуючі – закони, нормативні документи; збурювальні – кліматичні умови; вихідні – класифікація продукції, виробнича ефективність структурних одиниць розсадника, які є вхідними параметрами для розробки функціональної моделі.

Виробнича структура розсадника обумовлюється способами вирощування рослин і складається з об'єктів їх розмноження і дорощування – структурних одиниць, перелік яких визначено в «Порядок проведення атестації суб'єктів господарювання на право виробництва та реалізації насіння і садивного матеріалу». Спираючись на положення даного Порядку нами визначено 7 варіантів технологічних схем виробництва садивного матеріалу (рис.1.).

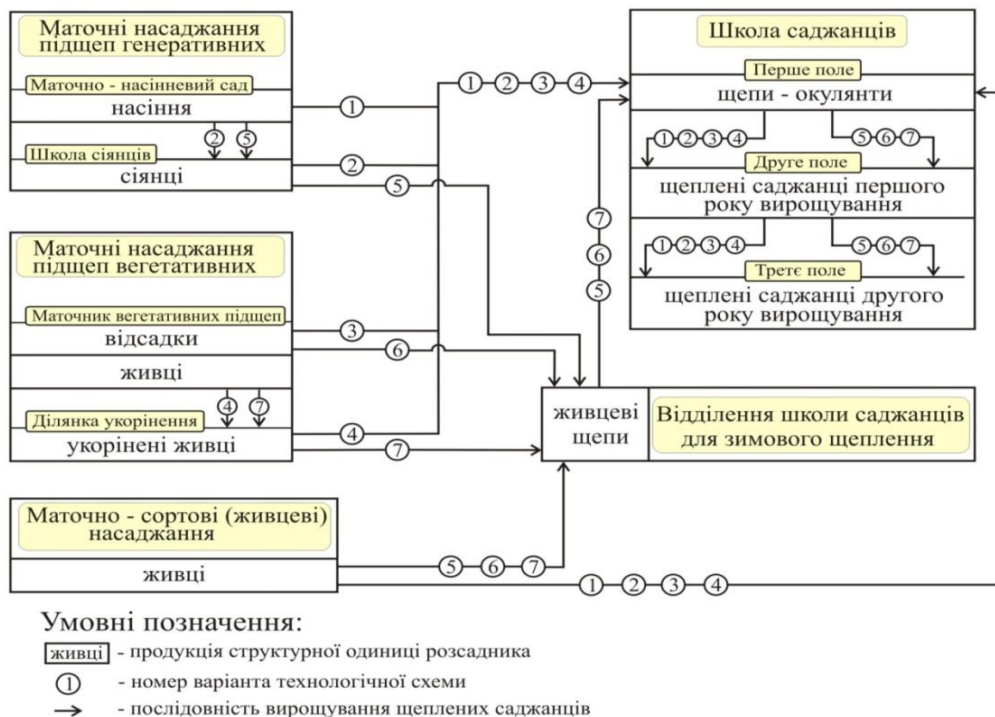


Рис.1. Варіанти технологічних схем виробництва щеплених саджанців.

Наведені на рис. 1 структурні одиниці розсадника забезпечують проходження рослинами усіх рівнів репродукційного процесу – послідовних дій, спрямованих на обґрунтовану зміну закономірного порядку росту і розвитку рослин з метою досягнення у них необхідних властивостей. Здатність структурної одиниці розсадника забезпечувати задану функцію виробництва досягається утриманням пагонів рослин у певному періоді онтогенезу і характеризується виробничою ефективністю – потенційна можливість отримання запланованого обсягу садивного матеріалу визначеної якості. Нами визначена та-

ка виробнича ефективність, яка врахована в функціональній моделі розсадника при визначенні головних етапів фенологічних фаз росту і розвитку рослин з метою своєчасного застосування відповідних коригувальних дій.

Функціональна модель є алгоритмічно-схематичною. На підставі опису способів реалізації визначених технологій розроблено блок-схеми технологічних процесів по кожному варіанту з виділеними головними етапами механізованих операцій та фенологічних фазах рослин, на яких має відбуватися контроль за їх станом і якістю виконання операцій. Аналіз показав, що ресурсоемність типової технологія №1 вирощування саджанців кісточкових культур за витратами механізованої і ручної праці на 400 люд.-год. менше технології №2 (рис. 1). Тому технологія №1 має бути досліджена першочергово.

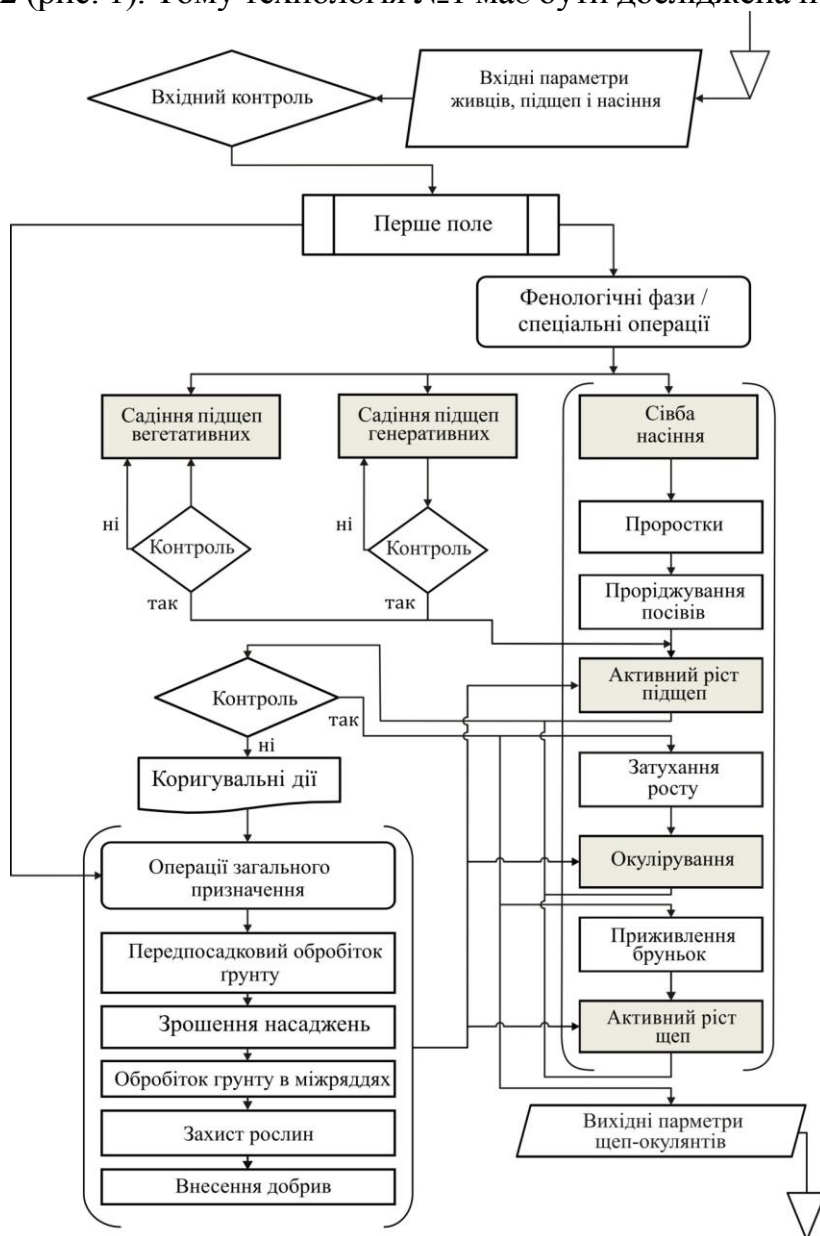


Рис.2. Блок-схема процесу вирощування щеп в школи саджанців.

На блок-схемі (рис. 2) виділені головні етапи механізованих операцій спеціального призначення – сівба насіння, садіння підщеп генеративних (операція не механізована), садіння підщеп вегетативних і викопування саджанців (наведена на блок-схемі 2-3 поля), на яких виявлені такі недоліки:

- сівба насіння. Польові дослідження роботи сівалки ССК-4 показали, що для підвищення кількості життєздатних сіянців, отримання вирівняних посівів і зниження витрат ресурсів необхідна калібрувальна машина кісточок і модернізація сівалки ССК-4 з метою реалізації сівби точного висіву. Результати розробки калібрувальної машини наведені у дисертаційній роботі Л.Ю. Бондаренко, а модернізації сівалки ССК-4 у розділі 3 даної роботи;

- садіння підщеп вегетативних. Основним недоліком цієї операції є надмірне відхилення висаджених відсадків від вертикальної вісі, що призводить до зменшення частки саджанців I сорту. Для досягнення якості на даній операції модернізована саджалка МПП-4, а результати наведені у дисертаційній роботі І.О. Чижикова;

- викопування саджанців. Основним недоліком цієї операції є пошкодження кореневої системи саджанців та значна енергоємність процесу викопування. Нами модернізовано плуги ВПН-2 – результати наведені в дисертаційній роботі О.І. Матковського та ПВС-1 – результати наведені в розділі 3 даної роботи.

На блок-схемах виділені головні етапи фенологічних фаз росту і розвитку рослин, на яких необхідне проведення операцій контролю за станом рослин з метою визначення стабільності технологічного процесу і прийняття рішення щодо застосування коригувальних дій. Операції контролю передбачають наявність методик вибіркового контролю, а для здійснення коригувальних дій – методів вибору засобів механізації. Аналіз виробництв діючих розсадників показав, що на даний час контроль за станом рослин не відбувається із-за відсутності нормативної документації з методів контролю.

У третьому розділі «Теоретичні і експериментальні дослідження засобів механізації вирощування садивного матеріалу плодкових культур і способів підвищення ефективності технологій» наведені результати розробки і випробування сівалки для сівби насіння кісточкових культур, плуга для викопування саджанців, оцінювання методу визначення водної ерозії ґрунтів та способу утилізації зрізаних гілок маточно-сортового (живцевого) саду.

Сівба насіння. Для реалізації сівби точного висіву насіння кісточкових культур більш придатними є чарункові дискові апарати з горизонтальною віссю обертання диску, конструктивно-технологічна схема якого наведена на рис. 3.

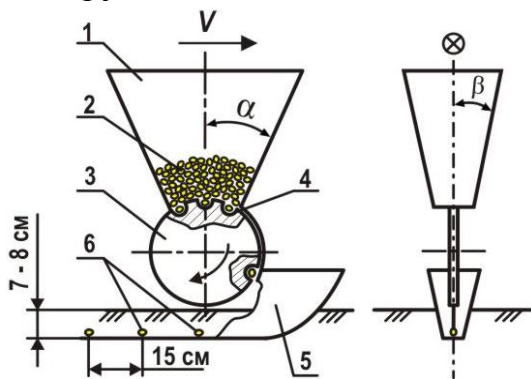


Рис. 3. Конструктивно-технологічна схема висівного апарату для сівби насіння кісточкових культур:

1 – ємність для кісточок; 2 – кісточки;  
3 – диск; 4 – чарунки; 5 – сошник; 6 – кісточка в борозні.

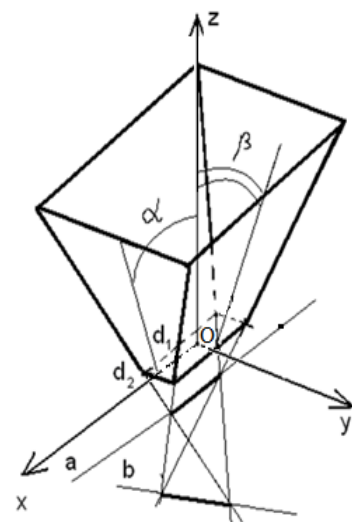


Рис. 4. Схема до оптимізації параметрів ємності для кісточок.

Параметри ємності обґрунтовано з урахуванням таких гіпотез:

- рух маси кісточок в ємності еквівалентний руху речовини з аналогічними значеннями щільності та динамічної в'язкості, а ймовірність заповнення чарунок речовиною є зростаючою функцією за період їх контакту;

- рух речовини в перетині  $d_1$ -  $d_2$  горловини ємності підпорядковується закону Бернуллі, відбувається по прямих лініях, які перетинають лінії  $a$  і  $b$ , а швидкість руху пропорційна  $\sqrt{p}$ , де  $p$  – тиск речовини більший за атмосферний.

З урахуванням прийнятих гіпотез, питома витрата речовини  $q$  може бути обчислена за формулою

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta S} = C\sqrt{p}, \quad (4)$$

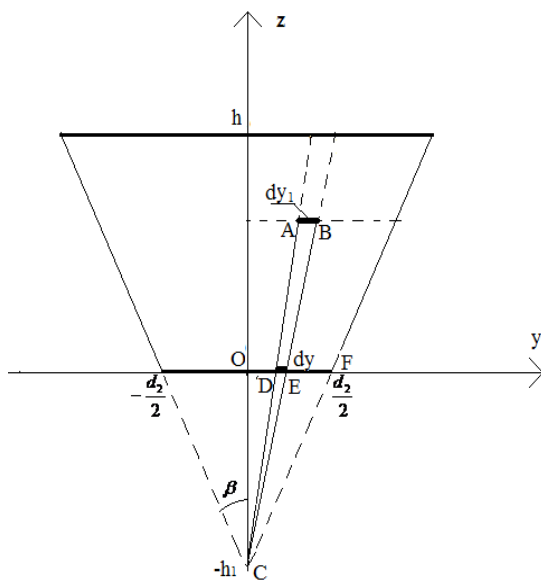
де  $\Delta Q$  – витрати речовини;  $\Delta S$  – площа горловини  $d_1 \cdot d_2$ ;  $C$  – коефіцієнт пропорційності.

З урахуванням закону Бернуллі маємо рівність

$$\rho gh - \frac{\rho v^2}{2} - P_B = \frac{q^2}{C}, \quad (5)$$

де  $\rho$  – щільність речовини;  $v$  – колова швидкість диску;  $P_B$  – втрати тиску на подолання сил внутрішнього тертя речовини;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $h$  – висота речовини в ємності.

Масу речовини, яка переміщується через одиницю площі за одиницю часу визначимо функцією координат  $q(x,y,z)$ , а проекції сил тиску внутрішнього тертя елементарного тіла на горизонтальну площину диференціалами  $dx$  та  $dy$ , які є функціями від аплікати (рис.5).



Після визначення проекції сил тертя на ось аплікати з урахуванням того, що вони діють на бічних гранях елементарного тіла та різниць між  $\Delta F_y$  та  $\Delta F_x$ , маємо проекції сил тертя на площину горловини

$$P_B = \frac{\Delta F_x + \Delta F_y}{dxdy} = \mu \left( I_1 \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + I_2 \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right), \quad (6)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт внутрішнього тертя речовини (динамічна в'язкість);

$$I_1 = \int_0^p \left( \frac{d_1 \operatorname{ctg} \alpha}{2z + d_1 \operatorname{ctg} \alpha} \right)^3 dz; \quad I_2 = \int_0^p \left( \frac{d_2 \operatorname{ctg} \beta}{2z + d_2 \operatorname{ctg} \beta} \right)^3 dz,$$

Рис. 5. Схема для визначення залежності диференціалу від аплікати.

де  $\alpha, \beta$  – кути відхилення площин ємності від вертикальної осі (рис. 4.), а з урахуванням рівняння (4) і закону внутрішнього тертя Ньютона маємо диференціальне рівняння в частинних

похідних функції питомої витрати речовини ємністю

$$-\mu \left( I_1 \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + I_2 \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right) + \frac{q^2}{C} = \rho gh - \frac{\rho v^2}{2}, \quad (7)$$

де  $v = \omega R$  – колова швидкість диску (де  $\omega$  – частота обертання;  $R$  – радіус).

Ймовірність максимального заповнення чарунки речовиною протягом її руху у межах горловини ємності отримуємо, визначивши максимум функції

$$F(d_1, d_2, \alpha, \beta, h, \omega, R, \delta_x, N) = \frac{1}{\omega R} \int_{-d_1/2}^{d_1/2} q(x, 0) dx. \quad (8)$$

де  $\delta_x$  – розмір чарунки;  $N$  – кількість чарунок на диску.

Припускаючи, що швидкість руху речовини по площинам ємності дорівнює нулю, задача оптимізації функції (8) полягає у знаходженні її максимуму на функції  $q$  (4), що задовольняє умовам

$$\begin{cases} -\mu \left( I_1 \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + I_2 \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} \right) + \frac{q^2}{C} = \rho g h - \frac{\rho v^2}{2} \\ q(x, -\frac{d_2}{2}) = q(x, \frac{d_2}{2}) = q(-\frac{d_1}{2}, y) = q(\frac{d_1}{2}, y) = 0 \end{cases}. \quad (9)$$

Параметри диску обґрунтовано для сівалки ССК-4 в агрегаті з трактором МТЗ-80 з мінімальною швидкістю руху  $v = 1,9$  м/с. Кількість чарунок на диску  $N$  визначимо з урахуванням того, що середня відстань між кісточками після висіву їх у борозну повинна дорівнювати 0,15 м. Схема сил, діючих на рух кісточка в момент її випаду із чарунки диску (т. К), наведена на рис.6.

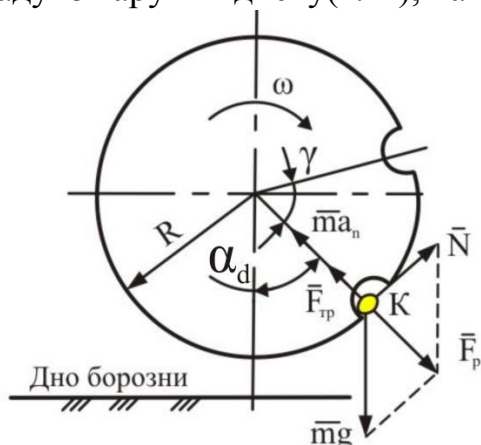


Рис. 6. Схема сил, діючих на кісточку (т. К) в момент випаду із чарунки.

Тоді рівняння (10) приймає вигляд  $m\omega^2 R = mg \cos \alpha_d - fmg \sin \alpha_d$ . Після спрощення маємо

$$\alpha_d = \arctg \frac{1}{f} + \arcsin \frac{\omega^2 R}{g \sqrt{1 + f^2}}. \quad (11)$$

Тоді, з урахуванням часу, за який наступна чарунка займе положення поперечної  $t = \frac{\gamma}{\omega} = \frac{2\pi}{\omega N}$  будемо мати рівняння для обчислення кількості чарунок

$$N = \left[ \frac{2\pi(v - \omega R \cos \alpha_d)}{\omega \cdot \delta_s} \right], \quad (12)$$

де  $\delta_s$  – відстань між кісточками у борозні;  $[x]$  – ціла частина числа.

Кут між сусідніми чарунками  $\gamma = \frac{2\pi}{N}$ ,

де  $N$  – кількість чарунок на диску, а для визначення кута  $\alpha_d$  складемо рівняння діючих сил

$$\overline{ma_n} = \overline{F_{mp}} + \overline{F_p}, \quad (10)$$

де  $a_n = \omega^2 R$  – відцентрове прискорення;  $F_{mp} = fn$  – сила тертя (де  $f$  – коефіцієнт тертя кісточка по матеріалу);

$F_p = mg \cos \alpha_d$  – рівнодіюча сила.

При цьому відстань між сусідніми чарунками  $\delta_l = \frac{2\pi R}{N}$ , а її залежність від колової швидкості диску наведена на рис. 7.

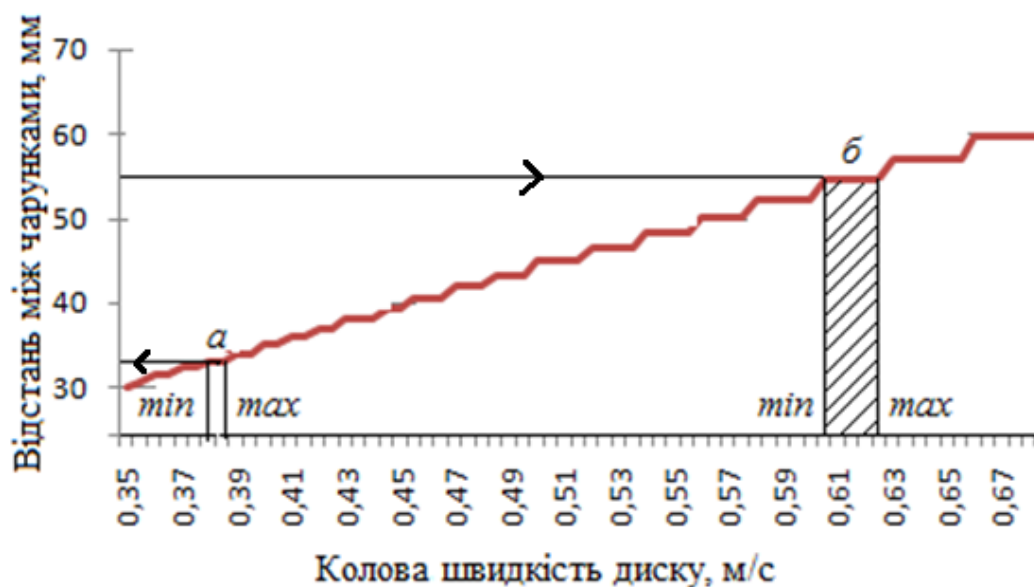


Рис.7. Залежність відстані між чарунками на диску від його колової швидкості:

а) – діапазон колової швидкості для кісточок черешні;

б) – діапазон колової швидкості диску для кісточок мигдалю.

Для кісточок черешні при  $R = 0,2$  м,  $f = 0,5$ ,  $\omega R = 0,38$  м/с,  $\delta_s = 0,15$  м маємо  $\alpha_d = 77,3^\circ$ ,  $N = 38$  шт.,  $\delta_l = 33$  мм. (рис. 7), а для кісточок мигдалю:  $\delta_l = 54$  мм,  $\omega R = 0,605 - 0,625$  м/с,  $N = 23$  шт.

Оптимізацію функції (8) здійснено за кутами  $\alpha$  і  $\beta$  при значеннях від  $0^\circ$  до  $45^\circ$  для кісточок черешні при  $N = 38$  шт.,  $\delta_x = 0,013$  м,  $C = 0,52 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $\mu = 0,065$  Н·с/м<sup>2</sup> та кісточок мигдалю при  $N = 23$  шт.,  $\delta_x = 0,049$  м,  $C = 0,57 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $\mu = 0,074$  Н·с/м<sup>2</sup>. При цьому, розмір чарунки та відстань між сусідніми чарунками має задовольняти умові  $\delta_l > \delta_x + \Delta s$ , де  $\Delta s = a/2$  (де  $a$  – мінімальний розмір кісточки).

Система рівнянь (9) була розв'язана методом скінченних різниць для відповідного параболічного рівняння рахуванням до встановлення статичного режиму, а оптимізація функціоналу – градієнтним методом. Розрахунки проведено за допомогою програмної оболонки C++Builder збірки Embarcadero RAD Studio 2009 та розробленої комп'ютерної програми і отримано оптимальні значення кутів нахилу бічних площин ємності  $\alpha = 45^\circ$  і  $\beta = 45^\circ$ . Саме за таких значень нахилу бічних площин ємності досягається найбільша швидкість руху маси кісточок, що сприяє її попаданню в чарунки з найбільшою ймовірністю.

Дослідження макетного зразка висівного апарату точного висіву кісточок плодкових культур проведені на сівбі кісточок черешні в перше поле розсадника ДП ДГ «Мелітопольське» у складі сівалки ССК-4 в агрегаті з МТЗ-82. Диск апарата мав такі параметрами: радіус  $R = 0,2$  м, діаметр чарунок  $\delta_x = 13$  мм, відстань між чарунками 33 мм, кількість чарунок  $N = 38$  шт., кутової швидкості диску  $\omega R = 0,38$  м/с (рис. 8).



Рис. 8. Сівба насіння кісточок черешні макетним зразком висівного апарату точного висіву у складі сівалки ССК-4 в агрегаті з трактором МТЗ-82: а) кісточки черешні в борозні; б) загальний вигляд висівного апарата.

За результатами обробки дослідних даних встановлено, що середній шаг сівби перевищував нормативне значення на 2% і дорівнював 17,9 см (коефіцієнт варіації 11,3%), кількість висіяного насіння зменшилась від нормативу на 69% і склала 46,6 кг/га, а відхилення висіву кісточок від вісі рядка не перевищувало  $\pm 1,5$  см.

Викопування саджанців. Операція викопування саджанців є головним етапом технологічного процесу в школі саджанців, а основними знаряддями є плуги ВПН-2 та ВСН-1 з пасивними підкопувальними робочими органами. За даними науково-технічної літератури робочі органи з коливальним рухом поліпшують якість обробки ґрунту та при незначному підвищенні енерговитрат на їх привід відбувається зниження тягового опору знарядь. Тому, був розроблений експериментальний зразок плуга ПВС-1 з активною скобою і такими параметрами: швидкість руху МТА - 3,4 км/год., колова швидкість ексцентрикового валу -  $32,4 \text{ с}^{-1}$ , ексцентриситет - 7 мм, за яких рух скоби мав траєкторією

За таких параметрів наробіток на відмову плуга дорівнював 0,25 год. Дана траєкторія має ділянки, де швидкість коливань скоби перевищує поступову швидкість агрегату і вона рухається в протилежному напрямку, що призводить до зростання тягового опору і виникненню знакозмінних навантажень на шийку приводного валу ексцентрика і, як наслідок, до її злому. Розроблена нова конструкція приводу скоби, яка наведена на рис.9.

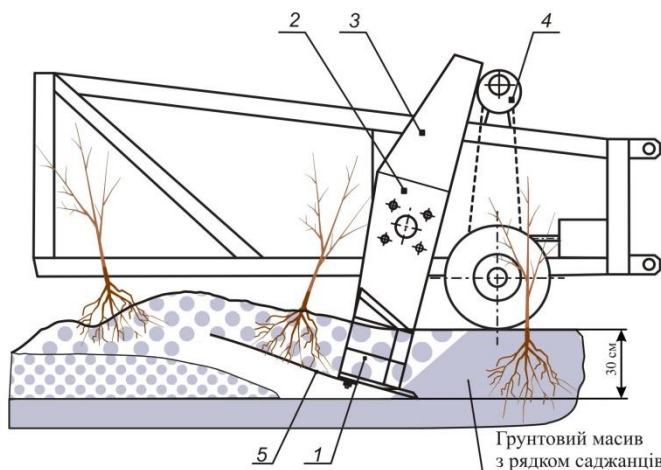


Рис.9. Конструктивно-технологічна схема плуга ПВС-2М: 1 – скоба; 2 – стійка; 3 – важіль; 4 – ексцентриковий механізм; 5 – розпушувач.

Згідно з кінематичною схемою приводу скоби 1 (рис.10) її качання відбувається навколо вісі  $O_2$  під дією ексцентрикового механізму 4 і визначається параметрами т. А:

- відстанню  $s = e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))$ , де  $e$  – ексцентриситет;  $\omega_1$  – кутова швидкість валу ексцентрика;  $t$  – час переміщення;

- швидкістю переміщення  $v = e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)$ ;

- частотою коливань

$$\omega_2 = \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l_3},$$

де  $l_3$  – довжина важеля 3;

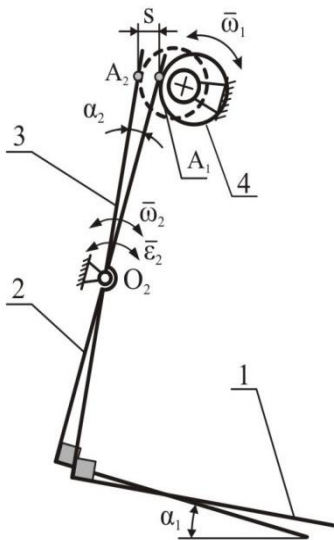


Рис. 10. Кінематична схема приводу скоби: 1 – скоба; 2 – стійка; 3 – важіль; 4 – ексцентриковий механізм;  $\alpha_1$  – кут початкового положення поверхні скоби до горизонту;  $\alpha_2$  – кут качань важеля.

$$\psi_i = \arcsin \left( \frac{l_2}{\sqrt{r_0^2 + (v_r \cdot t)^2 - 2r_0 \cdot (v_r \cdot t) \cdot \cos \psi_0}} \right), \text{ де } l_2 \text{ – довжина стійки 2.}$$

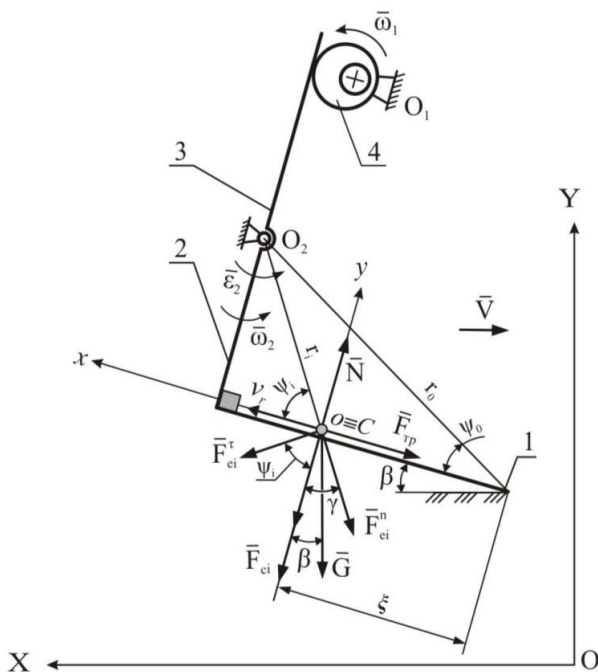


Рис. 11. Схема сил, діючих на частку ґрунту (т. С) при переміщенні по поверхні скоби під час її руху догори.

- кутовим прискоренням

$$\varepsilon_2 = \frac{e \cdot \omega_1^2 \cos(\omega_1 \cdot t)}{l_3}.$$

Розглянемо рух ґрунтової скоби з урахуванням припущень: а) скобу ґрунту вважаємо матеріальною точкою (далі – частка ґрунту);

б) частка ґрунту сходить з поверхні скоби без реакції з боку її поверхні.

Скоба надає частці ґрунту поворотний переносний рух, а її положення визначається рухомою системою координат  $xOy$  відносно системи  $XOY$  (рис. 11).

Положення т. С визначається:

- координатою  $\xi = v_r \cdot t$ , де  $v_r$  – відносна швидкість т. С по поверхні скоби;

- радіусом

$$r_i = \sqrt{r_0^2 + (v_r \cdot t)^2 - 2 \cdot r_0 \cdot (v_r \cdot t) \cdot \cos \psi_0},$$

де  $\psi_0$  – кут початкового положення радіусу;

$r_0$  – початковий радіус качань;

- кутом

Тоді диференціальне рівняння руху т. С в проекції на ось  $y$  буде мати вигляд

$$ma = N - F_{ei}^r \cos \psi - F_{ei}^n \cos \gamma_i - F_{ci} - G \cos \beta, \quad (13)$$

де  $N$  – нормальна реакція поверхні скоби;

$F_{ei}^r = m \frac{e \omega_1^2 \cos(\omega_1 t)}{l_3} r_i$  – дотична переносна

сила інерції;  $F_{ei}^n = m \left( \frac{e \omega_1 \sin(\omega_1 t)}{l_3} \right)^2 r_i \cos \gamma_3$  –

нормальна переносна сила інерції,

де  $\gamma_3 = \frac{\pi}{2} - \psi_3 = \sin \psi_3$ ;

$F_{ci} = 2m \frac{e \omega_1 \sin(\omega_1 t)}{l_3} v_r$  – сила інерції

Коріоліса;

$G = mg \cos(\alpha_1 - \alpha_2)$  – сила тяжіння;

$\beta$  – кут поточного положення скоби до горизонту ( $\beta = \alpha_1 + \alpha_2$ , де  $\alpha_2 = s/l_3$ ).



Частка ґрунту під час качання скоби залишається на поверхні при  $N > 0$ . Якщо ця умова не виконується, то відбувається її відрив від поверхні скоби під час її руху донизу з прискоренням

$$a = -\frac{e\omega_1^2 \cos(\omega_1 t)}{l_3} r_i - \left( \frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t)}{l_3} \right)^2 \cdot r_i \cos \gamma_i - \left( -2 \frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t)}{l_3} \cdot v_r - g \cos \left( \alpha_1 - \frac{e(1 - \cos(\omega_1 t))}{l_3} \right) \right). \quad (14)$$

Для моменту часу, коли  $\omega_1 t = \pi$  і малості кута коливань  $\alpha_2$ , рівняння (14) приймає вигляд

$$a = \frac{e\omega_1^2}{l_3} r_i - g \cos \alpha_1. \quad (15)$$

В момент відриву частки ґрунту від поверхні скоби ( $a = 0$ ) з урахуванням  $\omega_1 t = \pi$  рівняння (15) приймає вигляд

$$e > \frac{g \cdot \cos \alpha_1 \cdot l_3}{\left( \frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{l_1} \right)^2 r_i}, \quad (16)$$

а швидкість руху точок поверхні скоби визначається за формулою

$$v = e \left( \frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{l_1} \right) \sin \left( \frac{2\pi \cdot n \cdot v_r \cdot t}{l_1} \right) \frac{l_3}{r_i}. \quad (17)$$

Для вибору кінематичних і режимних параметрів викопувальної скоби отримані залежності кількості підкидань ґрунту скобою від її кутової швидкості (рис. 12), з якої максимальна кількість підкидань  $n = 7$  та від швидкості руху агрегату (рис. 13), де визначено інтервал значень ексцентриситету (від 3 до 14 мм).

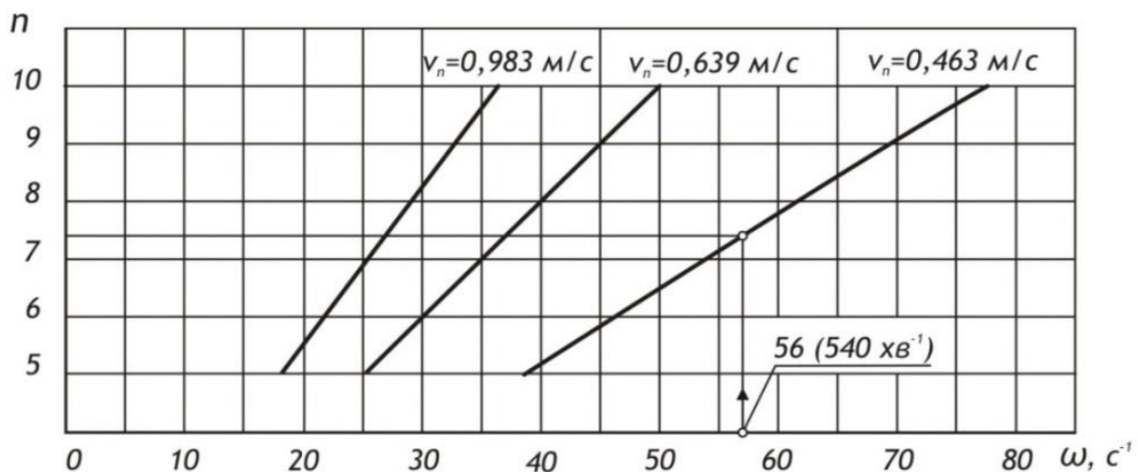


Рис. 12. Залежність величини кутової швидкості  $\omega$  від кількості качань  $n$  для різних швидкостей викопувального плуга  $v_n$ .

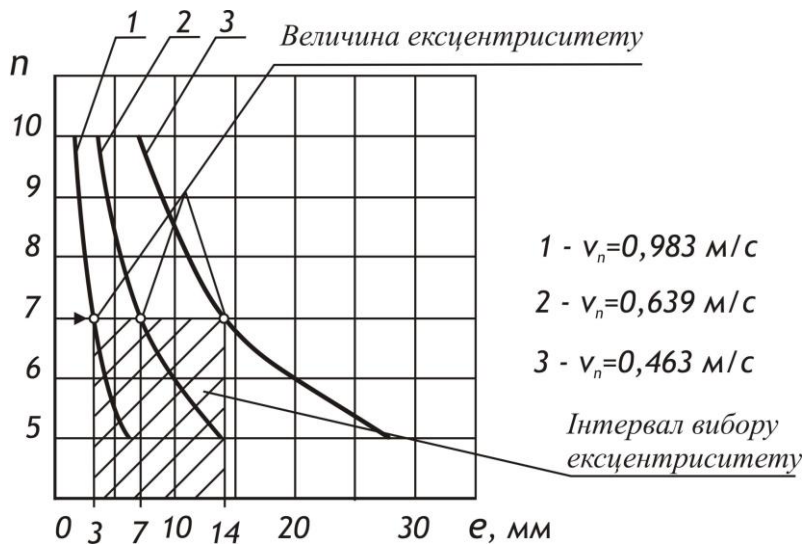


Рис. 13. Залежність величини ексцентриситету  $e$  від кількості качань  $n$  для різних швидкостей руху плуга  $v_n$ .

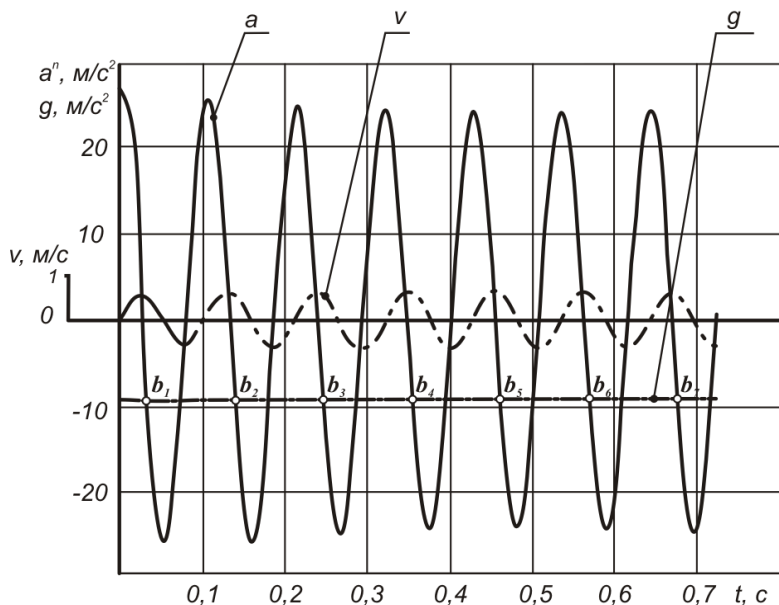


Рис. 14. Зміни швидкості  $v$  та прискорення скоби  $a$  від часу руху ґрунту  $t$ .

Залежності зміни швидкості  $v$  та прискорення поверхні  $a$  отримано для таких вхідних даних:  $r_0 = 0,67$  м,  $v_n = 0,6$  м/с;  $\gamma = 58^\circ$ ;  $l_1 = 0,5$  м;  $\omega = 56$  с $^{-1}$ ;  $l_2 = 0,6$  м;  $l_3 = 0,8$  м;  $e = 7$  мм;  $n = 7$ ;  $\alpha_1 = 15^\circ$ ;  $g = 9,81$  м/с $^2$ , які наведені на рис. 14.

З залежностей (рис.14) видно, що підкидання частки ґрунту відбувається в точках  $b_1$ - $b_7$ . Тобто  $n = 7$ , що свідчить про достовірність отриманої моделі.

Дослідження модернізованого експериментального зразка плуга ПВС-2М проведені при викопуванні саджанців черешні і яблуні в другому полі школи саджанців розсадника ДП ДГ «Мелітопольське» у складі з ДТ-75Н. Параметри роботи плугу були такими: швидкість МТА складала 2,3 км/год., частота коливань викопувальної скоби – 7,2 с $^{-1}$ , амплітуда коливань – 7 мм. Вимірюванню підлягали параметри ґрунту, витрати пального, тяговий опір плуга, крутний момент на ВВП, довжина коренів саджанців. Результати обробки дослідних даних наведені в табл.1.

Таблиця 1

#### Енергетична оцінка викопування саджанців, кВт

Марка плуга	Витрати потужності двигуна трактора на			Сумарна потужність	Витрати пального, л/год.	Питома потужність Вт год./ шт.
	привод скоби	переміщення плуга	самепоперекочування			
ПВС-1	3,7	18,2	0,45	22,35	17,7	4,0
ПВС-2М	2,8	16,4	0,45	19,65	16	3,57

З табл. 1 видно, що сумарна потужність на викопування саджанців модернізованим плугом ПВС-2М знизилась на 25,8% в порівнянні зПВС-1. Таке зниження було досягнуто за рахунок зміни кінематичного режиму коливань скоби, що сприяло уникненню налипання ґрунту на робочу поверхню скоби (рис.15). При цьому, витрати пального зменшилися на 9,6%, а енергомісткість саджанця за рахунок операції викопування знизилась на 10%.

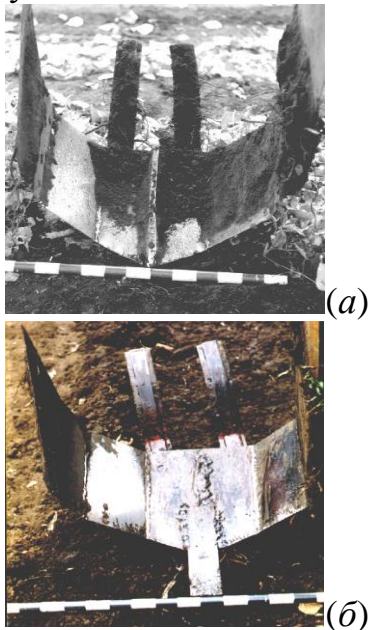


Рис. 15. Скоба плуга ПВС-1 після викопування саджанців в режимі без коливань (а) і модернізованого ПВС-2М – з коливаннями і наявністю долота (б).

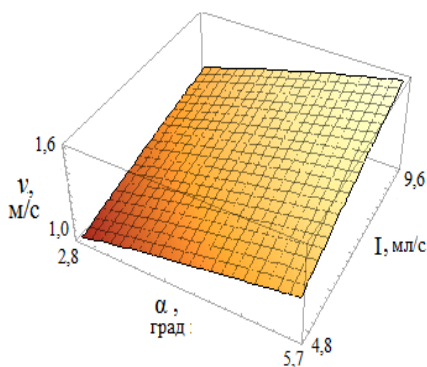


Рис.16. Залежність швидкості руху води  $v$  по водотокам чорнозему супіщаного від кута нахилу  $\alpha$  та інтенсивності потоку  $I$ .

Оцінювання водної ерозії ґрунтів. Інформація про ерозійний стан зрошуваних земель є складовою частиною державного моніторингу довкілля і має застосовуватись як на стадії проектування розсадників, так і в процесах вирощування рослин для раціонального застосування поливної техніки, що характеризує ресурсоощадність розсадника за показником збереження родючості ґрунтів. При цьому, стан ґрунту пропонується оцінювати за показником інтенсивності потенційної ерозії, а у переліку атестованих методик розрахункові методи отримання такого показника відсутні. Визначення значень даного показника здійснено за функціональним зв'язок між кутом нахилу водотоку та інтенсивністю потоку  $v = C_1 \alpha^a I^b$ ,

де  $v$  - швидкість потоку;  $\alpha$  – кут нахилу водотоку;  $I$  – інтенсивність потоку води;  $C_1, a, b$  – коефіцієнти, для знаходження яких мінімізувалася функція  $\sum_{i,j} (v_{ij} - C_1 \alpha_i^a I_j^b)^2$ . Після обробки лабораторних даних визначено, що для чорнозему супіщаного дана залежність має коефіцієнти  $v = 0,234 \alpha^{0,475} I^{0,487}$  (рис.16). Коефіцієнт детермінації рівняння становить 0,975.

Для визначення функціонального зв'язку між інтенсивністю змиву ґрунту, кутом нахилу водотоку і інтенсивністю потоку застосовано рівняння Мірцхулави Е.Ц.

$$q = C_2 \cdot \left( \left( \frac{v}{v_n} \right)^2 - 1 \right), \text{ де } q - \text{інтенсивність зми-}$$

ву ґрунту,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ,  $v_n$  – швидкість води, при якій не виникає змив ґрунту,  $\text{м}/\text{с}$ . Після обробки лабораторних даних визначено коефіцієнт  $C_2$  і отримано рівняння

$$q = 6,73 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \left( \frac{v}{0,06} \right)^2 - 1 \right), \text{ коефіцієнт детермі-}$$

нації якого становить 0,982. Дане рівняння є складовою частиною алгоритму визначення площинної ерозії ґрунтів.

**Утилізація зрізаних гілок.** Гілки дерев, що зрізують під час догляду за маточино-сортним (живцевими) садами є невід'ємною ланкою в біологічному ланцюгу агроєкосистеми розсадника. Маса зрізаних гілок з одного гектара маточно-живцевого саду дорівнює 7,9 т, які спалюють на відкритому повітрі, а їх питома теплота згорання, за нашими даними, дорівнює 10,2 МДж/кг. Повернення даної енергії в екосистему розсадника можливе за рахунок перетворення деревини зрізаних гілок на добрива шляхом компостування в буртах. Потенційна енергетична ефективність такого способу визначена за експериментальними даними складових витрат енергії за формулою

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{q_2}{q_1} \cdot 100\% = \left( 1 - \frac{q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{q_1} \right) \cdot 100\% = 27,57\%, \quad (18)$$

де  $q_1 = 10,2$  МДж/кг – енергія плодової деревини;  $q_2 = 2,8126$  МДж/кг – енергія отриманого добрива;  $q_3 = 5,09$  МДж/кг – втрати енергії від хіміко-біологічних реакцій в процесі компостування;  $q_4 = 0,43$  МДж/кг – втрати енергії від неоднорідності тріски;  $q_5 = 0,41$  МДж/кг – втрати енергії з газоподібними продуктами;  $q_6 = 1,43$  МДж/кг – втрати енергії в навколишнє середовище.

Таку ефективність компостування можна забезпечити в буртах з параметрами, при яких втрати енергії за рахунок теплопередачі в навколишнє середовище не перевищують розраховані втрати енергії (рис.17).

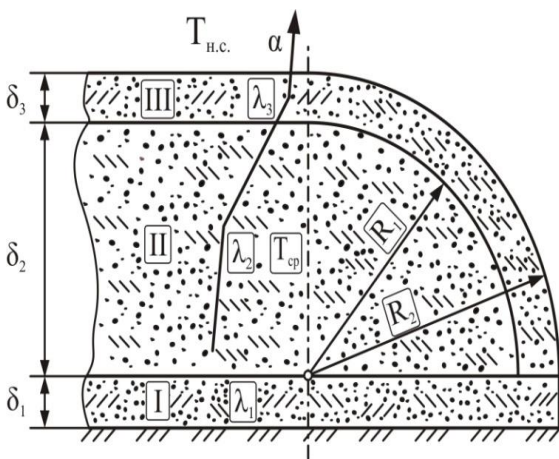


Рис. 17. Схема теплоізоляції бурта по шарам: I – від поверхні ґрунту; II – тріска; III – від повітря.

Так, за: товщини шарів  $\delta_1 = 0,1$  м,  $\delta_2 = 1,2$  м,  $\delta_3 = 0,3$  м; коефіцієнтів теплопровідності  $\lambda_1 = 0,250$  Вт/(м·К),  $\lambda_2 = 0,545$  Вт/(м·К),  $\lambda_3 = 0,055$  Вт/(м·К); радіусів бурта  $R_1 = 1$  м,  $R_2 = 1,6$  м; коефіцієнта тепловіддачі поверхні бурта  $\alpha = 12$  Вт/(м<sup>2</sup>·К); маси гілок  $m_1 = 10000$  кг; температури  $T_{\text{сп}} = 50$  °С,  $T_{\text{н.с.}} = 6$  °С; часу компостування  $\tau = 713,4$  год. маємо значення коефіцієнтів теплопередачі циліндричної і сферичної частини бурта

$$k_l = \left( \sum \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{2\alpha R_2} \right)^{-1} = 0,121 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

$$k_{\text{сф}} = \left( \sum \frac{1}{4\lambda_i} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{1}{4\alpha R_2^2} \right)^{-1} = 0,032 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad (19)$$

довжини бурта  $L_B = Q_6 / (k_l \cdot (T_{\text{сп}} - T_{\text{н.с.}}) \cdot \tau) + R_2 = 6,395$  м і площі поверхні  $F = 32,128$  м<sup>2</sup>, при яких в шарі II утворюється температура +27 °С для оптимальної роботи мезофільних бактерій та +50 °С для термофільних.

Для зниження втрати енергії від неоднорідності тріски  $q_4$  та скорочення часу компостування, за нашими даними, гілки треба подрібнювати на тріску довжиною до 10 мм з наявністю повздовжнього розщеплення, що збільшує її контактну поверхню на 50-59%.

Слід відзначити, що при компостуванні відбувається не тільки розкладання органічної речовини деревини з виділенням енергії, а й утворюються гумінові сполучення, які поліпшують якісні властивості компосту. При цьому, ефективність від використання компосту буде вищою за визначену суто енергетичну (18), а застосування технології переробки зрізаних гілок в розсаднику буде сприяти раціональному використанню природних ресурсів, що характеризує МТК як ресурсощадний за показником підвищення родючості ґрунтів.

**У четвертому розділі «Вибір машин для технологічного комплексу і побудова інформаційної моделі розсадника»** наведені метод вибору машин для виконання технологічних операцій з найменшими витратами ресурсів і забезпеченням нормативної якості та інформаційна модель МТК.

Метод вибору машин. Необхідність у виборі машин до складу МТК виникає на стадії розробки проектної документації на розсадник, або в процесах вирощування рослин. Зараз не існує механізму вибору машин, який був би зручним для практичного застосування.

Узагальнену цільову функцію вибору можна представити у вигляді

$$\begin{cases} P_1 = P(E_{ij}^k \leq E_K^{\max}) \\ P_2 = P(Q_{ij}^k \geq Q_K^{\min}) \\ P_3 = P(T_{ij}^k \leq T_K^{\max}) \\ Y = \min(P_1 P_2 P_3) \end{cases}, \quad (20)$$

де  $Y \rightarrow \max$  – критерій оптимальності;  $P_1, P_2, P_3$  – ймовірності виконання умов витрат матеріальних ресурсів  $E_{ij}^k$ , забезпечення якості  $Q_{ij}^k$  та витрат часу  $T_{ij}^k$  на  $k$ -му процесі  $i$ -ю операцією та  $j$ -м технічним засобом.

Схематичне представлення цільової функції (20) наведено на рис.18.

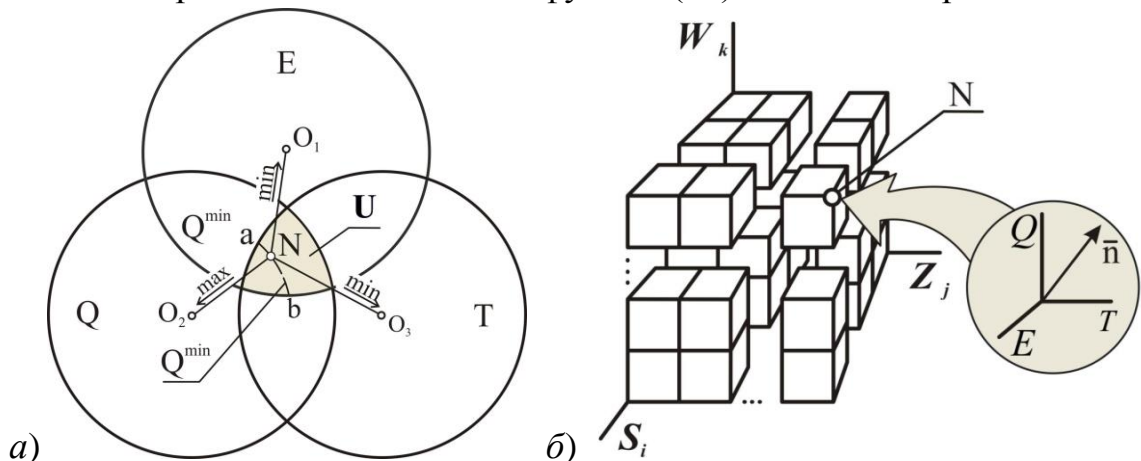


Рис.18. Схематичне представлення цільової функції 20 (а) і тензора (б):

$U$  – множина нормативних значень  $E, Q$  і  $T$ ;  $N$  – певний варіант машини: де  $\bar{n}$  – вектор-аргумент критерію оптимізації  $F$ ;  $(E_{ij}^k, Q_{ij}^k, T_{ij}^k)$ ;  $W$  – технологічні процеси;  $S$  – операції;  $Z$  – технічні засоби.

На рис. 18 значення параметрів матеріальних ресурсів  $E$ , якості  $Q$  та часу  $T$  представлені перехресними колами. Межі перетину кіл визначають область множини нормативних значень параметрів  $U$ . Кожна точка  $N_i$  з даної множини має відстані

до центрів кіл, які визначаються відрізками  $O_1 N_i$ ,  $O_2 N_i$ ,  $O_3 N_i$ . При цьому, ймовірність досягнення визначених обмежень за будь-якою з трьох функцій (20) виникає при меншому значенні відповідного відрізка до центру кола.

З наведеного виходить, що процес оптимізації цільової функції (20) полягає в мінімізації такої з трьох функцій, у якій відрізок від точки  $N_i$  до центру кола є найбільший. У варіанті співвідношень параметрів  $E$ ,  $Q$  і  $T$  (рис.19 а)) найбільшу відстань до центра кола має функція обмеження за часом  $T$ , а лінією  $a b$  визначена межа мінімального нормативного значення якості  $Q^{min}$ . Тому при оптимізації даного варіанту необхідно мінімізувати відрізок  $O_3 N$  та максимізувати критерій оптимальності  $Y$ .

При розгляді даної задачі оптимізації в просторі множина параметрів можливих рішень складається з величин матеріальних ресурсів  $E_{ij}^k$ , якості  $Q_{ij}^k$  та часу  $T_{ij}^k$ , які є скалярними і утворюють неоднорідне параметричне середовище. Пошук оптимального рішення в такому середовищі супроводжується зміною системи координат та зміною значень критерію пошуку. Тобто, критерій пошуку перетворюється спеціальною матрицею – математичним об'єктом, який не залежить від зміни системи координат, а компоненти вектора-аргументу критерію перетворюються за визначеним законом. Таким властивостям відповідає тензор, графічне зображення якого наведено на рис.19 (б).

Метод розроблено за такими робочими гіпотезами:

- вважаємо, що при виборі машин витрати залежать від операцій та технічних засобів і не залежать від якості, якщо значення її параметрів не виходять за межі інтервалів нормативних значень;

- вважаємо, що якість виконання операції дорівнює одиниці, якщо значення сукупності параметрів якості належать до інтервалів оптимальних значень і має мінімальне допустиме значення, якщо один з параметрів дорівнює мінімальному значенню, а інші знаходяться в інтервалі оптимальних значень.

- вхідні дані доцільно представляти у вигляді тензорів – багатовимірних множин (таблиць), кожен компонент яких може бути числом або вектором та однозначно визначається значеннями  $kijl$  - індексів.

Вхідні дані представлені множинами:  $W \{W_k\}$ ;  $S \{S_i\}$ ;  $Z \{Z_j\}$ ;  $E \{E_{ij}^k\}$ ;  $T \{T_{ij}^k\}$ ;  $Q \{Q_{ij}^k\}$ ;  $D \{D_{kijl}\}$  – дійсні значення якості, за якими оцінюють ефективність певного технологічного процесу  $W_k$  з операцією  $S_i$  і технічним засобом  $Z_j$ .

Витрати матеріальних ресурсів представимо тензором

$$I = [I_{ij}^k], \quad (21)$$

де  $I_{ij}^k$  компонента тензора – вектора  $(E_{ij}^k, T_{ij}^k)$ . Він не є нульовим, якщо процес  $W_k$  може бути виконаний операцією  $S_i$  і технічним засобом  $Z_j$ .

Нормативні значення показників якості представимо тензором

$$J = [J_{kl}], \quad (22)$$

де  $J_{kl}$  компонента тензора – чотиривимірний вектор  $(q_{dop}^{-k,l}, q_{opt}^{-k,l}, q_{opt}^{+k,l}, q_{dop}^{+k,l})$ , який містить інтервали допустимих значень  $(q_{dop}^{-k,l}, q_{dop}^{+k,l})$  та оптимальних

$(q_{opt}^{-k,l}, q_{opt}^{+k,l})$ . Тензор не є нульовим у разі, якщо результат  $k$  - го процесу може бути оцінений за  $l$ -м показником (параметром).

Дійсні значення параметрів якості представимо тензором

$$D = [D_{kijl}] \quad (23)$$

де  $D_{kijl}$  компонента тензора – дійсні значення параметра якості  $Q_{ij}^k$ .

На основі тензорів (21- 23) та часу  $T_{ij}^k$  формуємо узагальнений тензор

$$A = [A_{ij}^k] \quad (24)$$

де  $A_{ij}^k$  компонента узагальненого тензора – вектор пошуку  $(E_{ij}^k, Q_{ij}^k, T_{ij}^k)$ , геометричний образ якого наведено на рис.19 (б). Тензор не є нульовим, якщо технологічний процес  $W_k$  може бути виконаний операцією  $S_i$  і технічним засобом  $Z_j$  з забезпеченням якості не нижчої  $k$ -го елемента з множини  $Q_{ij}^k$ , а час не більше  $k$ -го елемента з множини  $T_{ij}^k$ .

З урахуванням другої гіпотези функцію якості представимо у вигляді

$$Q_{ij}^k = \prod_{\{G_l: J_{kl} \neq \emptyset\}} \beta_{kl}(D_{kijl}), \quad (25)$$

де  $\beta_{kl}(D_{kijl})$  визначається за формулою

$$\beta_{kl}(x) = \begin{cases} \beta_{kl}^*(x), & \beta_{kl}^*(x) \geq 0 \\ 0, & \beta_{kl}^*(x) < 0 \end{cases} \quad (26)$$

де

$$\beta_{kl}^*(x) = \begin{cases} \frac{(q_{opt}^{-kl} - q_{dop}^{-kl}) + (1 - Q_k^{min})(x - q_{opt}^{-kl})}{q_{opt}^{-kl} - q_{dop}^{-kl}}, & x \in [q_{dop}^{-kl}; q_{opt}^{-kl}] \\ \frac{(Q_k^{min} - 1)(x - q_{opt}^{+kl}) + (q_{dop}^{+kl} - q_{opt}^{+kl})}{q_{dop}^{+kl} - q_{opt}^{+kl}}, & x \in [q_{opt}^{+kl}; q_{dop}^{+kl}] \\ 1, & x \in [q_{opt}^{-kl}; q_{opt}^{+kl}] \end{cases}$$

При такому поданні якості максимальний її рівень дорівнює 1. Графічне зображення функції (26) наведено на рис. 19.

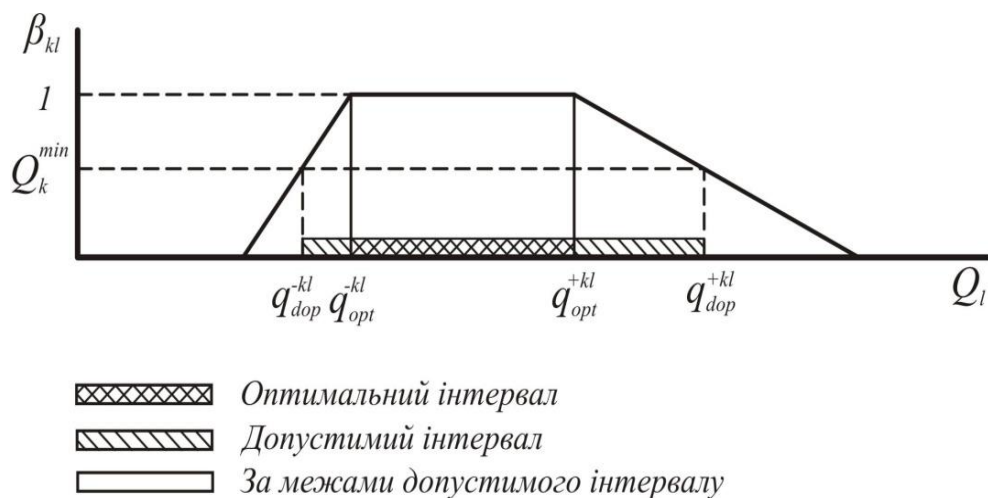


Рис.19. Графічне зображення функції  $\beta_{kl}(x)$ .

Тоді критерій оптимізації може бути представлений у вигляді

$$F = \sum_k (E_{i_k j_k}^k + \alpha(1 - Q_{i_k j_k}^k) + \beta T_{i_k j_k}^k) \rightarrow \min, \quad (27)$$

де  $\alpha$  – ваговий коефіцієнт якості (уточнює виконання операції через прогнозований ефект від реалізації продукції);

$\beta$  – ваговий коефіцієнт часу (уточнює витрати часу виконання операції через вартість праці механізатора).

Цільова функція (27) є зростаючою на будь-якій послідовності точок, а межами її визначення є множина варіантів вибору технічних засобів

$$R^* = \{ \{(S_{i_k}, Z_{j_k}) : k = 1, \dots, l\} : Q_{i_k j_k}^k \geq Q_k^{\min}, T_{i_k j_k}^k \leq T_k^{\max}, \forall k = 1 \dots l \}.$$

Алгоритм вибору машин до складу МТК є таким:

- для кожного компонента тензора (21) обчислюють якість за формулами (25) та (27) з урахуванням значень компонентів тензорів (22) та (23);

- формують узагальнений тензор (24), при цьому компоненти тензора (21) замінюють на тривимірні вектори  $(E_{ij}^k, Q_{ij}^k, T_{ij}^k)$ ;

- по кожному процесу  $W_k$  знаходять такі пари індексів  $(i_k, j_k)$  з множини  $\{(i, j) : Q_k \geq Q_k^{\min}, T_k \leq T_k^{\max}\}$ , для яких  $F_k = E_{i_k j_k}^k + \alpha(1 - Q_{i_k j_k}^k) + \beta T_{i_k j_k}^k \rightarrow \min$ ;

- формують множину машин технологічного комплексу, включаючи до неї технічні засоби з номерами  $\{j_k\}$ .

Метод був застосований для оцінювання способу утримання ґрунту під «чорним паром» в маточно-сортовому (живцевому) саду кісточкових культур. Для вибору оптимального варіанту машин досліджені операції «культивуація» і «боронування» в плодкових насадженнях ДП ДГ «Мелітопольське» і отримані дійсні значення витрат енергетичних ресурсів, часу, якості обробітку ґрунту за загальноприйнятими методами (табл. 2).

Таблиця 2

Значення дійсних параметрів / показників технологічних операцій обробітку ґрунту в маточно-сортовому (живцевому) саду

Склад МТА	Назва операції	Продуктивність, га/год.	Якість обробітку ґрунту <sup>1)</sup>	Параметри	
				витрати пального, л / год.	сила опору, кН
Т-70 + КСГ- 3,3	культивуація	0,9	0,87	9,8	13,21
Т-70 + БДС-3,5	боронування	1,9	0,78	9,0	8,4
МТЗ-80 + БДС-3,5	боронування	2,34	0,82	11,5	8,75

<sup>1)</sup> Примітка. Коефіцієнт брилистості ґрунту (щільність – 1,56 г/см<sup>3</sup>, вологість – 22%).



З урахуванням даних табл.2 отримано узагальнений тензор  $A$  (24)

$$A = \begin{pmatrix} (10,89;0,87;1,11) & 0 \\ 0 & (4,74;0,78;0,53) \\ 0 & (4,92;0,82;0,43) \end{pmatrix}.$$

Після заміни нульовим вектором векторів тензора  $A$ , у яких координати компонентів не відповідають обмеженням щодо якості  $Q^{min}$  і часу  $T^{max}$  та обчисленням значень цільової функції (27) з урахуванням коефіцієнтів:

$$\alpha = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 / \lambda_1 \cdot \lambda_2 = 8470,58,$$

де  $\delta_1 = 0,36$  – коефіцієнт витрати ресурсу техніки в процесі обробки ґрунту (розділ 1,  $\xi$ );  $\delta_2 = 20000$  шт./га – вихід живців;  $\delta_3 = 3$  грн./шт. – вартість живців;  $\lambda_1 = 15$  грн./л – вартість пального,  $\lambda_2 = 0,17$  л/га – середні витрати пального;

$$\beta = \varepsilon / \lambda_1 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3 = 0,13,$$

де  $\varepsilon = 3200$  грн. – вартість роботи тракториста за місяць;  $\sigma_1 = 10,1$  л/год. середні годинні витрати пального;  $\sigma_2 = 8$  год. – тривалість робочого дня;  $\sigma_3 = 20$  днів – кількість робочих днів на місяць, маємо тензор

$$A = \begin{pmatrix} 1112,13 & 0 \\ 0 & 1868,21 \\ 0 & 1529,58 \end{pmatrix}.$$

Мінімальне значення даного тензора дорівнює 1112,13, що відповідає операції «культивация» з МТА «Т70+КСГ3,3».

Інформаційна модель є алгоритмічно-програмною. Вона побудована на основі функціональної і організаційної моделей, за якою представлення інформаційної бази та обробка її даних розробленим методом вибору машин до складу МТК може бути виконана в автоматизованому режимі.

Структура бази даних представлена для ЕОМ у вигляді реляційної моделі і складається з набору класифікаторів: процесів, операцій, технічних засобів, видів продукції, списків параметрів якості об'єктів контролю і перетворених даних: тензорів дійсних витрат матеріальних ресурсів, часу та тензора нормативних вимог до якості виконання операції. На основі визначеної бази даних розроблено програми для ЕОМ «Класифікатор» та «Оптимізатор».

**У п'ятому розділі** «Побудова виробничої моделі процесу вирощування садивного матеріалу плодкових культур» викладено структуру виробничої моделі розсадника, яка має надати виробнику можливість мінімізувати втрати економічної вигоди. Центральне місце в моделі займає математичне забезпечення процесів оцінювання якості продукції та здійснення коригувальних дій, які виконуються за результатами контролю проміжної продукції маточних насаджень (вхідний контроль у першому полі школи саджанців), готової продукції у третьому полі (приймальний контроль саджанців) і стану рослин під час вирощування (операційний контроль).

Вхідний контроль якості продукції розсадників застосовують виробники на стадії виготовлення проміжної продукції для власного виробництва, а приймальний – при оцінюванні товарної сортності кінцевої продукції (саджанців після викопування) для вирішення таких задач:

а) визначення того, що контрольована партія продукції має приймальний рівень дефектності;

б) визначення рівня дефектності у контрольованій партії продукції при заданому рівні значущості.

Приймальний контроль якості продукції розсадництва для вирішення визначених задач проводиться переважно за альтернативною ознакою запропонованим методом (ДСТУ 8315:2015):

- задача а). Приймальний рівень значущості  $p$  обчислюють за формулою

$$p = 1 - \frac{(M+1)!}{(N+1)!k!(M-k)!} \sum_{j=k}^n C_{N-M}^{j-k} j!(N-j)!, \quad (28)$$

де  $N$  – обсяг контрольованої партії;  $j$  – кількість дефектних одиниць у контрольованій партії;  $M$  – обсяг вибірки;  $k$  – кількість дефектних одиниць у вибірці;  $n$  – приймальний рівень дефектності;

$$C_{N-M}^{j-k} = \frac{(N-M)!}{(j-k)!(N-M-j+k)!} - \text{біноміальний коефіцієнт.}$$

Для зручності формулу (28) доцільно використовувати у такому вигляді

$$p = 1 - \sum_{j=k}^n \exp \left( \sum_{s=1}^{N-M} \ln s + \sum_{s=1}^j \ln s + \sum_{s=1}^{N-j} \ln s + \sum_{s=1}^{M+1} \ln s - \sum_{s=1}^{N+1} \ln s - \sum_{s=1}^k \ln s - \sum_{s=1}^{M-k} \ln s - \sum_{s=1}^{j-k} \ln s - \sum_{s=1}^{N-M-j+k} \ln s \right) \quad (29)$$

- задача б). Рівень дефектності при заданому рівні значущості  $q_1$  визначають за таким алгоритмом:

1) встановлюють значення змінних  $N, M, k, q_1$ . Вважають, що  $n = k, p = 1$ ;

2) обчислюють

$$\Delta p_n = \exp \left( \sum_{s=1}^{N-M} \ln s + \sum_{s=1}^n \ln s + \sum_{s=1}^{N-n} \ln s + \sum_{s=1}^{M+1} \ln s - \sum_{s=1}^{N+1} \ln s - \sum_{s=1}^k \ln s - \sum_{s=1}^{M-k} \ln s - \sum_{s=1}^{n-k} \ln s - \sum_{s=1}^{N-M-n+k} \ln s \right) \quad (30)$$

та віднімають від  $p$ ;

3) якщо  $p \geq q_1$ , то необхідно збільшити  $n$  на одиницю та виконати пункт 2), а якщо  $p \leq q_1$ , то  $n$  є шуканим максимальним числом дефектних одиниць у контрольованій партії продукції за рівня значущості  $q_1$ .

З функції (28) видно, що обсяг вибірки  $M$  є суттєвим фактором впливу на точність метода. Для визначення оптимального обсягу вибірки розрахуємо апріорний ризик виробника – втрату економічної вигоди за формулою

$$R_{anp} = iss \cdot M + \frac{1}{M+1} \sum_{k=0}^M \min \left( pr \sum_{j=k}^{N-M+k} \frac{j(M+1)!j!(N-j)!C_{N-M}^{j-k}}{(N+1)!k!(M-k)!}, (pr - cs) \cdot N \right) \quad (31)$$

де  $iss$  – вартість контролю одиниці продукції;  $cs$  – виробнича собівартість або ціна при закупівлі;  $pr$  – очікувана ціна реалізації одиниці продукції.

Оптимальний обсяг вибірки відповідає значенню глобального мінімуму функції (31) і визначається за таким алгоритмом: 1) встановлюють  $M=3$ ; 2) обчислюють ризик за формулою (31); 3) обчислюють ризик для обсягу вибірки  $M+1$ ; 4) якщо останнє значення у масиві ризиків менше за попереднє, то  $M$  збільшують на одини-

цю і виконують пункт 3). У протилежному випадку величину  $M$  зменшують на одиницю і вважають оптимальним значенням обсягу вибірки.

Для зручності, згідно з (31), побудовані карти зон обсягів вибірок для контрольованої партії  $N$  від 1000 шт. до 15000 шт., за якими визначено обсяг вибірки для контролю стану щеп (рис. 22). Приклад обчислення глобального мінімуму функції (31) при  $N=1000$  шт.,  $pr=15$  у.о.,  $iss=5$  у.о.,  $cs=10$  у.о. наведено на рис. 20, де оптимальний обсяг вибірки  $M = 17$  шт.

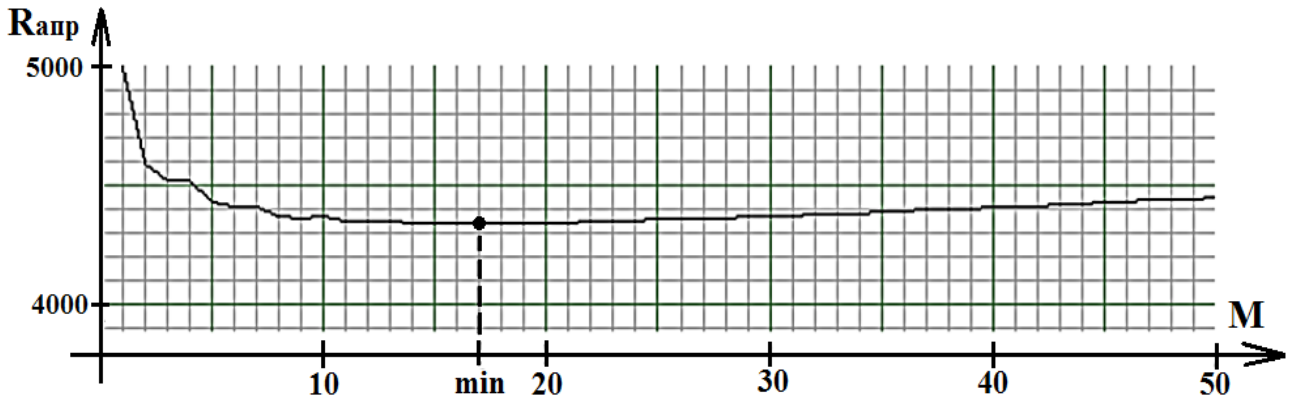


Рис. 20. Залежність апріорного ризику виробника від обсягу вибірки (глобальний мінімум функції (31) – характеризує ризик виробника).

Операційний контроль застосовують в процесах розмноження і дорощування рослин в усіх структурних одиницях розсадника з метою мінімізації ризиків виробника за рахунок забезпечення стабільності технологічного процесу своєчасним застосування коригувальних дій. Для здійснення операційного контролю запропоновано метод статистичного контролю стабільності технологічного процесу вирощування (ДСТУ 7897:2015), який має такий алгоритм:

- з вибірки формують масиви значень контрольованих параметрів  $\{x_i^{(k)}\}$ ;
- обчислюють вибіркове середнє арифметичне значення та середнє квадратичне відхилення;
- обчислюють нижню та верхню межі довірчого інтервалу  $k$ -го параметру

$$x_{\min,d}^{(k)} = \bar{x}^{(k)} - \frac{t_M}{\sqrt{M}} s^{(k)} - 3s^{(k)} z_M; x_{\max,d}^{(k)} = \bar{x}^{(k)} + \frac{t_M}{\sqrt{M}} s^{(k)} + 3s^{(k)} z_M \leq x_{\max}^{(k)}, \quad (32)$$

де  $x_i^{(k)}$  – дійсні значення  $k$ -го параметру;  $\bar{x}^{(k)}$  – середнє арифметичне вибіркоче значення;  $s^{(k)}$  – вибіркоче середнє квадратичне відхилення;  $x_{\min,d}^{(k)}$  – нижня границя довірчого інтервалу;  $x_{\max,d}^{(k)}$  – верхня границя довірчого інтервалу;  $x_{\min}^{(k)}$  – нижня границя інтервалу нормативних значень;  $x_{\max}^{(k)}$  – верхня границя інтервалу нормативних значень;  $t_M$  – коефіцієнт розподілу середнього арифметичного значення у вибірці;  $z_M$  – коефіцієнт розподілу середнього квадратичного відхилення у вибірці;

- стабільність процесу визначають, порівнюючи дійсні значення параметрів з нормативними

$$x_{\max,d}^{(k)} \leq x_{\max}^{(k)}, \quad x_{\min,d}^{(k)} \geq x_{\min}^{(k)}. \quad (33)$$

Якщо довірчі інтервали значень контрольованих параметрів належать до відповідних інтервалів нормативних значень і дотримано умови (32), процес вважають стабільним – в протилежному випадку має місце розлад процесу, рівень якого визначають нормуванням значень контрольованих параметрів за формулою

$$y_i^{(k)} = \frac{2x_i^{(k)} - x_i^{\min} - x_i^{\max}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}}, \quad (34)$$

де  $x_i$  – значення  $i$ -го параметра якості  $k$ -ї одиниці продукції;

$x_i^{\max}$ ,  $x_i^{\min}$  – нормативні значення  $i$ -го параметра,

обчисленням модулів нормованих середніх значень

$$\bar{y}_i = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M |y_i^{(k)}| \quad (35)$$

та побудовою модифікованої карти Шухарта.

Коригувальні дії технологічного процесу підвищують ймовірність отримати виробником очікувану економічну вигоду в наслідок збільшення долі саджанців першого товарного сорту. При прийнятті рішень щодо застосування коригувальних дій з точки зору витрат на процеси виникають ризики: у разі відмови  $R_1 = V \cdot N \cdot n / M$  та здійснення  $R_2 = V$ , де  $V$  – вартість дії. При  $R_1 < R_2$  коригувальну дію не слід здійснювати – це усуває ризик надмірного налагодження процесу, а в протилежному випадку доцільним є здійснення дії, що запобігає виникненню ризику непоміченого розладу.

**У шостому розділі** «Науково-виробнича перевірка і економічна ефективність механізованих технологічних комплексів з виробництва садивного матеріалу плодкових культур» наведено результати технологічної і економічної оцінки технології №1 (рис.2), реалізованою розробленим МТК.

Технологічна оцінка запропонованої виробничої моделі розсадника здійснена в ДП ДГ «Мелітопольське». Було передбачено проведення контролю за станом щеп на генеративних підщепах, які були отримані при застосуванні: сівалки ССК-4; визначення стабільності технологічного процесу вирощування підщеп; модернізованого плуга ПВС-2М на викопуванні саджанців.

Операційному контролю підлягали партії щеп черешні сортів Валерій Чкалов  $N = 1230$  шт., Крупноплідна  $N = 1227$  шт., Мелітопольська чорна першого року вирощування  $N = 1240$  шт. (рис. 21) у фенологічній фазі «активний ріст щеп» (блок-схема на рис.2). Контроль проведено за розробленим методом (ДСТУ 7639:2014).

Оптимальний обсяг вибірки щеп згідно з (31) при вартості вимірювання однієї щепи  $i_{ss} = 0,157$  грн., виробничої собівартості саджанця  $cs = 4,61$  грн. і очікуваній ціні за один саджанець  $pr = 50$  грн. склав  $M = 32$  шт. (рис. 22).



Рис. 21. Загальний вигляд щеп черешні Валерій Чкалов у фенологічній фазі «активний ріст щеп» в розсаднику ДП ДГ «Мелітопольське».

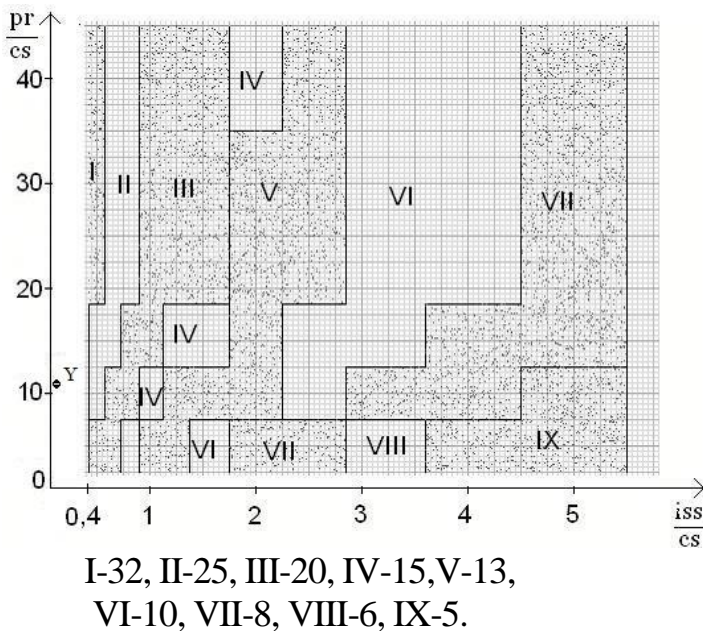


Рис.22. Карта обсягів вибірок  $M$  для контролюваної партії  $N = 1250$  шт.

розподілу середнього арифметичного відхилення  $t_{32} = 2,356$ ; коефіцієнт розподілу середнього квадратичного відхилення  $z_{32} = 1,329$ . Тоді згідно з (32) маємо значення нижньої та верхньої межі довірчого інтервалу:  $x_{\min,d}^{(1)} = 24,4$  см;  $x_{\max,d}^{(1)} = 98,9$  см, за якими умови (33)

$$x_{\max,d} = 98,9 \text{ см} < 50 \text{ см}, \quad x_{\min,d} = 24,4 \text{ см} < 45 \text{ см}$$

не виконуються, що свідчить про розлад технологічного процесу. Рівень розладу процесу визначено згідно (34) і (35) і наведено на модифікованій карті Шухарта. (рис. 23).

Стабільність технологічного процесу вирощування щеп сортів Валерій Чкалов і Крупноплідна контролювали за параметром довжини прищепного пагона від 45 см до 50 см при кількості листків на щепі від 14 шт. до 16 шт., а щепи сорту Мелітопольська чорна знаходились у фазі від 8 листків до 10 листків при довжині пагона від 20 см до 25 см. Значення довжини прищепних пагонів сорту Валерій Чкалов були такими, см: 55; 40; 20; 47; 42; 60; 54; 48; 28; 25; 53; 40; 25; 30; 27; 43; 44; 26; 5; 43; 47; 37; 33; 45; 50; 43; 10; 18; 47; 45; 46; 33. При цьому: середнє арифметичне значення  $\bar{x}^{(1)} \approx 37,31$  см; середнє квадратичне відхилення  $s^{(1)} \approx 14$  см; коефіцієнт

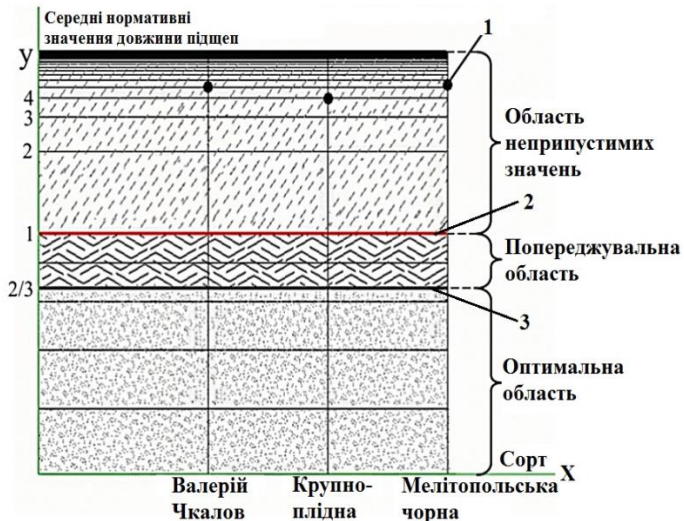


Рис. 23. Карта середніх значень довжини прищепного пагона сортів черешні:

- 1 – дійсні значення параметрів;
- 2 – межа оптимальної області ( $y < 2/3$ );
- 3 – межа попереджувальної області ( $2/3 < y < 1$ ).

саджанців черешні склала 38500 шт. (1 га). Плуг, також, було застосовано на викопуванні саджанців яблуні – 108080 шт. (3 га). Загальна кількість саджанців склала 146580 шт., а площа – 4 га., а контрольована дорівнювала 3697 шт. Якість роботи плуга оцінювали за параметром довжини коренів саджанці (рис. 24).

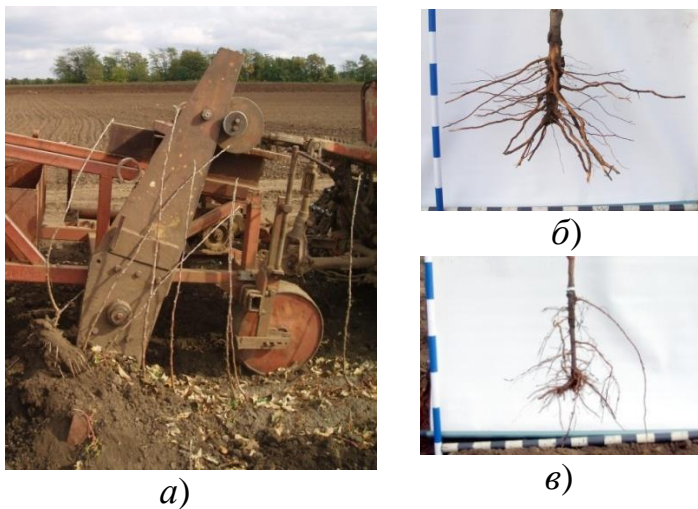


Рис. 24. Плуг ПВС-2М на викопуванні саджанців в ДП ДГ «Мелітопольське» (а), коренева система саджанців черешні (б), яблуні (в).

саджанців, отриманих за типовою технологією, не перевищував 60%, а при застосуванні розробленого МТК дорівнював 82% (за параметром довжини коренів саджанців. Результати економічної оцінки наведені у табл.3.

З рис. 23 видно, що середні значення модулів нормованих значень довжини щеп усіх сортів більші за 1 (область неприпустимих значень), тобто потрібно прийняти рішення щодо застосування коригувальних дій, спрямованих на стимулювання росту щеп (полив або внесення добрив). Результати розрахунків показали, що для щеп сортів Валерій Чкалов доцільним є внесення добрив – прогнозований економічний ефект від такої дії буде складати 5468,43 грн. Внесення добрив здійснено агрегатом МТЗ-80 + РУМ-5, який було обрано за запропонованим методом вибору машин.

Саджанці викопували плугом ПВС-2М у складі з ДТ-75Н. Кількість

Економічна оцінка визначена шляхом порівняння базової і запропонованої технологій вирощування саджанців черешні (варіант №1, рис.1) відповідно до блок-схеми, яка наведена на рис. 2. Розроблений МТК складався з експериментальних зразків машин для калібрування кісточок і їх сівби в перше поле школи саджанців, машин для обробітку ґрунту в маточно-живцевого саду, вибір яких здійснено запропонованим методом, а також з процесів контролю за станом рослин і вибору коригувальних дій. При цьому, вихід першого товарного сорту

Порівняльна оцінка економічної ефективності типової і пропонованої технологій виробництва саджанців черешні (варіант №1)

Показники	Значення на 1 га технології	
	типової	пропонованої
Технологічний вихід саджанців першого товарного сорту, тис. шт.	22920	31570
Собівартість одного саджанця, грн.	6,07	4,61
Очікуваний дохід при вартості одного саджанця першого сорту 50 грн., тис. грн.	1146	1578
Прибуток, тис. грн.	1006875,6	1432462,3
Економічний ефект, тис. грн.		425,587

За даними табл. 3 економічний ефект від застосування пропонованого механізованого технологічного комплексу склав 425,587 тис. грн. / га.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішена проблема покращення управління виробництвом садивного матеріалу плодкових культур шляхом створення оптимальних механізованих технологічних комплексів (МТК), центральне місце в яких займають засоби механізації. На основі проведених досліджень зроблені такі основні висновки:

1. Аналіз виробництв розсадників показав, що їх технічні можливості не здатні забезпечити вимоги ДСТУ 3414 «Атестація виробництв. Порядок здійснення». Зумовлені цим проблеми можуть бути вирішені розробленням нової методології моделювання технологічних процесів і методів контролю стану продукції розсадників із виділенням на блок-схемах головних етапів механізованих операції і фенологічних фаз росту та розвитку рослин.

2. З урахуванням сучасної організації і управління виробництвом доведено, що МТК має формувати такі властивості розсадника, як: адаптивність до умов використання, здатність забезпечувати проектний технологічний вихід придатного садивного матеріалу та оперативність прийняття рішень щодо застосування корегувальних дій. Методологія створення МТК полягає у розробленні базової моделі, яка складається з організаційної, функціональної, інформаційної і є основою для розроблення виробничої моделі з регламентами процесів контролю виробництва.

3. Застосування організаційної моделі створення МТК дозволяє розробити технологічні варіанти взаємозв'язків структурних об'єктів розсадника і на основі визначення енергоємності процесів та енергомісткості його ресурсів установити подальші головні етапи фізіологічних фаз росту і розвитку рослин. Так, за результатами моделювання встановлено, що рівень енергоємності типової технології у плодovому розсаднику в 2 рази перевищує рекомендовані квоти. Найбільш енергоємною операцією (щонайменше 3466 МДж/га) визначено викопування саджанців спеціалізова-

ним плугом, що обумовило потребу в обґрунтуванні його конструктивних параметрів та режимів роботи.

4. За функціональною моделлю розсадника розроблено блок-схеми технологічних процесів, на яких визначено проблемні головні етапи механізованих процесів та фенологічних фаз рослин для здійснення контролювання за їх станом і застосування коригувальних дій. Аналіз показав, що технологія (варіант №1) вирощування саджанців на підщепах генеративного походження, за якої насіння сіють безпосередньо в школу саджанців, має низку переваг. Ефективність даної технології може бути підвищена за умов: а) усунення недоліків на таких механізованих операціях, як «сівба насіння», «викопування саджанців», «догляд за ґрунтом» у маточно-сортовому саду; б) здійснення обов'язкового контролю за станом рослин у фенологічних фазах – «активний ріст підщеп», «приживлюваність бруньок», «активний ріст щеп» та застосування, за необхідністю, відповідних коригувальних дій.

5. Для реалізації способу точного висіву кісточок найбільш придатними є апарати дискового типу, ймовірність заповнення чарунок яких посівним матеріалом є зростаючою функцією за період контакту диску з кісточками в межах горловини ємності. Встановлено, що найбільша швидкість руху маси кісточок через горловину ємності, за якої ймовірність попадання кісточок у чарунки є найбільшою, досягається при відхиленні площин ємності від вертикальної осі на  $45^{\circ}$ . Для найменших за розмірами кісточок (черешня) відстань між чарунками на диску має становити 33 мм, кількість чарунок – 38 шт., а колова швидкість висівного диску повинна складати 0,38 м/с. Для найкрупніших кісточок (мигдаль) ці параметри мають відповідно становити: 54 мм, 23 шт., 0,605...0,625 м/с.

6. На підставі розрахунку і аналізу розробленої математичної моделі зворотно-поступального руху скоби викопувального плуга ПВС-1 визначено, що за швидкості руху МТА 0,983 м/с, 0,639 м/с, 0,463 м/с і кутової швидкості приводного валу ексцентрика  $\omega = 56 \text{ с}^{-1}$  його ексцентриситет має знаходитись у межах від 3 до 14 мм. При цьому, траєкторія коливань руху скоби не має ділянок зворотного напрямку і на своїй довжині 0,5 м здійснює 7 вертикальних поштовхів ґрунту, за яких фаза його різання відбувається під час відриву ґрунтової скоби від поверхні скоби. У підсумку це обумовлює зниження витрат пального машинно-тракторним агрегатом на 2,6 л/год. у порівнянні зі скобою без коливань такого характеру.

7. Доведено, що для вибору машин у склад МТК достатнім є представлення простору оцінювальних критеріїв множинами значень дійсних і нормативних параметрів матеріальних ресурсів, часу та якості виконання технологічних операцій. Такий простір утворює неоднорідне параметричне середовище. Встановлено, що виявлення оптимальної альтернативи з такого параметричного середовища може бути здійснено шляхом формування тензорів, у яких компоненти представлені векторними функціями, а їх перетворення здійснюється перерахуванням за відповідним законом. Теоретичним шляхом доведено, що таким законом має бути критерій оптимізації, за яким мінімізується сума векторів узагальнюючого тензора з урахуванням у його компонентах коефіцієнтів прогнозованого економічного ефекту і вартості праці механізатора через витрати пального на операції.

8. Встановлено, що структура бази даних для створення МТК розсадника має бути представлена у вигляді реляційної моделі і складатися з набору класифікаторів



– процесів, операцій, технічних засобів, видів продукції, об'єктів контролю і параметрів якості та списків перетворених даних – тензорів дійсних витрат матеріальних ресурсів і часу та тензора нормативних вимог до якості виконання операції. Класифікаційні коди визначених об'єктів класифікації мають бути взаємопов'язані між собою і узгоджені з кодами вищих класифікаційних угруповань державного рівня. У підсумку це дозволяє створити інформаційну модель, яка забезпечує автоматизований вибір машин до складу МТК розсадника і унеможливорює попадання недостовірних даних до процесу обчислення.

9. Особливістю одержаних нових аналітичних залежностей (28-31) є врахування ними коефіцієнтів, які відображають відношення мінімальної очікуваної ціни реалізації одиниці продукції до її виробничої собівартості, а також відношення вартості її контролю до собівартості. Практичне застосування визначених залежностей дозволяє для контрольованих партій проміжної/кінцевої продукції розсадників кількістю 1000 - 15000 шт. мінімізувати витрати на контроль і ризику виробника щодо втрати ним економічної вигоди.

10. Доведено, що на стадії вирощування садивного матеріалу слід визначати стабільність технологічних процесів у певних фазах росту і розвитку рослин методом розрахунку довірчих інтервалів значень контрольованих параметрів і порівнянням їх з відповідними інтервалами нормативних значень. Для виявлення рівня стабільності або розладу процесу запропоновано модифіковану карту Шухарта (ДСТУ ISO 8258). На підставі наведеного методу виявлено розлад технологічного процесу вирощування щеп черешні у фенологічній фазі «активний ріст щеп», контрольована партія яких склала 3697 шт., що дало змогу своєчасно застосувати коригувальні дії і збільшити вихід саджанців першого сорту на 13%.

11. Результати проведеного дослідження впроваджені при реалізації технології вирощування саджанців без пересаджування підщеп з використанням розробленого МТК, який складався з експериментальних зразків машин для калібрування кісточок і їх сівбу в перше поле школи саджанців, обробітку ґрунту в маточно-живцевому саду, процесів контролю за станом рослин і вибору коригувальних дій та плуга для викопування саджанців. При цьому, вихід першого товарного сорту саджанців збільшився на 27,4%, собівартість саджанців знизилась на 24%, а економічний ефект в цілому склав 425,587 тис. грн./га.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Монографії**

1. Якість продукції розсадництва плодкових культур/ О.Г.Караєв, Л.М. Толстолік. – Мелітополь: Видавництво-поліграфічний центр «Люкс», 2014. – 150 с (здобувачем написано 80% кожного розділу).

2. Выращивание плодовых саженцев в южной Степи Украины / В.И. Сенин, А.И. Караев [ін.]. – Мелітополь: 2005. – 75 с (здобувачем написано розділ з застосування засобів механізації).

3. Садівництво півдня України/ За ред. Рульєва В.А. – Запоріжжя: Дике поле. – 2003. – 231 с. (здобувачем написано розділ з застосування засобів механізації).

### Державні стандарти

4. Культури кісточкові. Щепи. Вимоги та методи контролювання: ДСТУ 7639:2014. – [Чинний від 2015-01-07.]. – К.: Держспоживстандарт України, 2014.– 15 с.– (Національні стандарти України) (науковий керівник розробки стандарту).

5. Культури плодові. Метод статистичного контролю стабільності технологічного процесу вирощування: ДСТУ 7897:2015. – [Чинний від 2016-01-07.]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. – 9 с. – (Національні стандарти України) (науковий керівник розробки стандарту).

6. Культури плодові. Контроль якості продукції розсадників і садів методом статистичних вибірок: ДСТУ 8315:2015. – [Чинний від 2017-01-07.]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. – 17 с. – (Національні стандарти України) (науковий керівник розробки стандарту).

### Публікації у фахових виданнях

7. Линник Н.К. Эффективность утилизации плодовой древесины / Н.К. Линник А.И. Караев, // Сб. науч. тр. ТГАТА. – Мелитополь, 1998. – Вып. № 1, т. 2. – С.21-23 (здобувачем визначено способи утилізації зрізаних гілок).

8. Караев А.И. Пути снижения энергозатрат при разработке машины для внутр-рипочвенного внесения удобрений/ А.И. Караев, С.С.Черный // Труды ТГАТА.– 1998.– Вып. 1, т. 2. – С. 82-86 (здобувачем розроблено математична модель руху коливального робочого органу).

9. Караев А.И. Элементы термодинамической модели процесса трансформации растительных отходов сельскохозяйственного производства / А.И. Караев, Н.И. Стручаев, Ши Лин // Сб. науч. тр. ТГАТА. – Мелитополь, 1999. – Вып. № 2, т. 12. – С.21-23 (здобувачем отримано експериментальні дані).

10. Линник Н.К.. Обоснование и оценка точности механизмов выбора средств механизации для садоводства / Н.К. Линник А.И. Караев, // Техніка АПК, 2000, № 8. – С.13-14 (здобувачем визначено ефективність застосування методу геометричної згортки критерію).

11. Караев А.И. Метод системного анализа механизированных технологий в орошаемом садоводстве / А.И. Караев // Техніка АПК, 2000, № 2. – С.6-8

12. Караев О.Г. Розрахунок енергоємності виробництва садивного матеріалу в плодovому розсаднику / О.Г. Караев, О.І. Матковський // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2001. – Вип. 1, т. 20. – С.90-94 (здобувачем визначено перелік операцій в школі саджанців розсаднику для розрахунку енергоємності процесів).

13. Караев О.Г. Энергетична оцінка застосування азотних добрив в інтенсивних яблуневих садах півдня України / О.Г. Караев, Г.В. Дмитриенко // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Садівництво», 2001, № 5. – С.170-177 (здобувачем визначено методіку енергетичного оцінювання процесу застосування добрив).

14. Караев О.Г. Геометричне моделювання траєкторії руху активного робочого органу викопного плуга саджанців плодovих культур / О.Г. Караев, О.І. Матковський // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2001. – Вип. 4, т. 14. – С.52-58 (здобувачем роблено модель визначення траєкторії руху скоби).

15. Караев О.Г. Геометричне моделювання форми і положення відрізного ножа для подрібнення зрізаних гілок плодovих дерев / О.Г. Караев // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2001. – Вип. 4, т. 13. – С.86-90

16. Караєв О.Г. Випробування плуга для викопування саджанців плодових культур / О.Г. Караєв // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2001. – Вип. 1, т. 22. – С.85-89.
17. Караєв О.Г. Реєстрація та обробка інформації при аналізі технологічних садівничих систем / О.Г. Караєв // Збірник наукових праць ННЦ „ІМЕСГ”, 2002. Вип. 87. – С.52-56.
18. Лінник М.К. Технологічні аспекти утилізації зрізаних гілок плодових насаджень / М.К. Лінник, О.Г. Караєв // Збірник наукових праць ННЦ „ІМЕСГ”, 2003. Вип. 88. – С.52-56 (здобувачем визначено експериментальні залежності втрати маси тріскою черешні).
19. Караєв А.И. Модель прийняття рішень для формування комплексів машин в садоводстві / А.И. Караєв // Науковий вісник Національного аграрного університету, 2003. – Вип. 60. – С.349-353.
20. Караєв О.Г. Удосконалення конструкції викопного плуга ПВС-1 з коливальним робочим органом для викопування саджанців плодових культур / О.Г. Караєв, О.І. Матковський // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2003. – Вип. 10. – С.69-71 (здобувачем запропоновано конструктивну схему приводу скоби).
21. Караєв О.Г. Обґрунтування методу і розробка приладу для визначення швидкості поширення ультразвукових хвиль у біоматеріалах / О.Г. Караєв, М.Я. Зайдлер // Науковий вісник НАУ – 2004. – Вип. 73, ч. I. – С. 48-53 (здобувачем розроблено методику визначення поширення ультразвукових хвиль у деревині та ґрунті).
22. Караєв О.Г. Обґрунтування математичної моделі апарату точного висіву насіння кісточкових культур / О.Г. Караєв, М.Я. Зайдлер // Механізація та електрифікація сіл. госп-ва: міжвід. тем. наук. зб. Глеваха. – 2008, Вип. 92. – С. 172-175 (здобувачем розроблено математичну модель руху кісточок в ємності садильного апарату).
23. Караєв О.Г. Метод формування раціональних комплексів машин для садівництва / О.Г. Караєв // Вісник ХНЦУ сільського госп-ва ім. Петра Василенка. Техн. науки. – Харків, 2010. – Вип. 103. – С. 255-262.
24. Караєв О.Г. Обґрунтування параметрів кулькових очисників / О.Г. Караєв, Л.Ю. Бондаренко // Праці ТГАТУ. – Мелітополь, 2011 – Вип. 1, т. 1. – С. 173-180 (здобувачем розроблено модель оптимізації геометричних параметрів очисника).
25. Караєв О.Г. Обґрунтування параметрів орієнтуючого пристрою садильного апарата машини для садіння підщеп плодових культур / О.Г. Караєв, В.В. Кузьмінов, І.О. Чижиков // Науковий вісник НУБІП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К., 2011, – Вип. 166, ч. 2. – С. 103-115 (здобувачем запропоновано розрахункову схему параметрів пружини орієнтуючого пристрою).
26. Караєв О.Г. Визначення розподілу лінії щільності мас підщеп плодових культур по довжині / О.Г. Караєв, В.В. Кузьмінов, І.О. Чижиков // Праці ТГАТУ. Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 5. – С. 149-154 (здобувачем розроблено алгоритм визначення лінійної щільності підщеп).
27. Караєв О.Г. Математична модель процесу садіння підщеп плодових культур апаратом дискового типу / О.Г. Караєв, І.О. Чижиков // Праці ТГАТУ. – Мелітополь. – 2011. – Вип. 1, т. 2. – С. 56-63 (здобувачем визначено цільову функцію процесу садіння підщеп).
28. Караєв О.Г. Алгоритм прийняття рішень щодо проведення поливів насаджень черешні / О.Г. Караєв, С.Л. Сушко, В.В. Кузьмінов // Науковий вісник Тав-

рійського державного агротехнологічного університету. – 2012. – Вип. 2, т. 5., С. 124 - 128. Режим доступу: [www.nbuu.gov.ua/e-journals/nytdau/2012\\_5/index.html](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/nytdau/2012_5/index.html) (здобувачем розроблено алгоритм прийняття рішень).

29. Караєв О.Г. Математична модель визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні робочого органу фрезерної машини / О.Г. Караєв, В.А. Дідур, С.А. Мінько // Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. – Мелітополь, 2015. – Вип.5, т. 2. – С.201-210 (здобувачем розроблено розрахункову схему діючих сил на рух частки ґрунту по ножу).

**Публікації у закордонних виданнях та виданнях України,  
які входять до наукометричних баз**

30. Karaiev O.G. Study on the new plant grafting secateurs/ O.G. Karaiev, S.A Tyulny// Journal of Shandong agricultural University: Сб.тр. – China. – 1996.– № 27.– P.8-12 (здобувачем розроблено геометричну модель протиріза ножа для щеплення).

31. Karaiev O.G. Application of waste material modified into biocompost / Karaiev O.G., N.M Gorbach // Ekologiczne aspekty mecha-nizacji nawozenia ochrony roslin i uprawy glebe: Сб. тр. – Warszawa. 1996. № 25. – P.9-12 (здобувачем визначені значення показників екологічної надійності добрив з плодової деревини ).

32. Караєв А.И. Обработка почвы в приствольных полосах многолетних насаждений фрезерной машиной / А.И. Караев, С.М. Саньков, А.Ф. Сафонов // Садоводство и виноградарство, М.: 1998. № 1.– С.12- 18 (здобувачем розроблено методику випробувань фрезерної машини).

33. Караев А.И. Использование статистических методов в процедуре оценивания качества продукции питомниководства и садоводства / А.И. Караев, Л.Н. Толстолик, В.В. Кузьминов // Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства: материалы международного науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию ГНУ СКЗНИСИБ, Краснодар: СКЗНИСИБ, 2011. – С. 303-308 (здобувачем розроблено методику застосування методу статистичного вибіркового).

34. Караев А.И. Расчетный метод определения режимов орошения с использованием климатических показателей / А.И. Караев, С.Л. Сушко // Motrol. Commision of Motorization and Energetics in Agriculture. 2015. – Vol.17, No.9. – С.10-12 (здобувачем розроблено алгоритм застосування методу).

35. Караєв О.Г. Методология формирования технических систем для технологических комплексов садоводства / О.Г. Караєв // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти-Вип.2. – Мелітополь: Копіцентр «Документ - сервіс», 2014.– С.15-21.

36. 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-Вип.2. – Мелітополь: Копіцентр «Документ- сервіс», 2014. – С.175-190 (здобувачем розроблено алгоритм з визначення кінематичних параметрів розпушувача).

37. Караєв О.Г. Изменения агрегатного состава почвы в приствольных полосах сада под воздействием капельного орошения / О.Г. Караєв, В.А. Дідур, С.А. Мінько // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти-Вип.3.

Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – С.210-217 (здобувачем отримано залежності змін в структурно-агрегатному стані ґрунту під дією поливів).

38. Караєв О.Г. Моделирование перемещения почвенного пласта с саженцем по активному рабочему органу выкопывального плуга / О.Г. Караєв, А.І. Матковський // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип.3. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – С.201-210 (здобувачем визначено кінематичні характеристики руху розпушувача).

39. Караєв О.Г. Визначення швидкості переміщення насіння плодкових кісточкових культур по решету установки для калібрування / О.Г. Караєв, Л.Ю. Бондаренко // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип.4. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – С.194-202 (здобувачем розроблено методику визначення швидкості руху насіння).

### **Рекомендації та наукові звіти**

40. Технологія вирощування плодів кісточкових культур (рекомендації) // Інститут зрошувального УААН. – Мелітополь, 1997. – 58 с (здобувачем розроблено розділ застосування засобів механізації).

41. Автоматизована система управління фізіологічним станом дерев персика та абрикоса дрібнодисперсним дощуванням. Загальний опис системи (рекомендації) // Інституту зрошувального садівництва імені М.Ф. Сидоренка НААН Мелітополь, 2011. – 23 с (здобувачем розроблено розділ застосування засобів механізації).

42. Технології вирощування зерняткових і кісточкових культур на півдні України в умовах зрошення (рекомендації) // Інституту зрошувального садівництва УААН. – Мелітополь, 2001. – 61 с (здобувачем розроблено розділ застосування засобів механізації).

43. Обґрунтувати параметри робочих органів і режими роботи двухроторної фрези з вертикальною віссю обертання для обробки ґрунту в пристовбурних смугах саду в умовах зрошення / Звіт про НДР (заключ.) / ІЗС УААН; рук. О.Г. Караєв. – № 01960018452. – Мелітополь, 2001 (керівник та виконавець НДР).

44. Удосконалити конструкцію викопного плуга ВПС-І з метою викопки саджанців кісточкових культур на важких ґрунтах в умовах зрошення / Звіт про НДР (заключ.) / ІЗС УААН; рук. О.Г. Караєв. – №. 0101U001788 – Мелітополь, 2004 (керівник та виконавець НДР).

45. Розробити математичну модель і програмне забезпечення для науково-обґрунтованого вибору оптимальних параметрів технічних засобів і технологій поливу плодкових культур / Звіт про НДР (заключ.) / ІЗС УААН; кер. О.Г. Караєв. – №. 0101U001788 – Мелітополь, 2004 (керівник та виконавець НДР).

46. Розробити наукові основи створення інформаційних і технологічних систем управління ресурсами в процесах відтворення товарної продукції плодівництва на меліорованих землях / Звіт про НДР (заключ.) / ІЗС УААН; кер. О.Г. Караєв. – № 0106U006180. – Мелітополь, 2010 (керівник та виконавець НДР).

### **Патенти**

47. Пат. 1780639 А1 Российская Федерация, МПК А 01 G 3/02/ Прививочный секатор / А.И. Караєв, Г.В. Казачков, В.К. Кукушкин, А.А. Строй (Україна). –

№ 4942728; заявл. 05.05.91; опубл. 15.12.92. Бюл. № 46. – С.45. (здобувачем запропоновано конструктивну схему секатора для щеплення плодкових культур).

48. Пат. 17288 Україна, МПК А01С 11/00. Садильний апарат /О.Г. Караєв, С.М.Саньков, В.І. Цимбал (Україна). – № 17339 А; заявл. 11.08.97; опубл. 01.04.97.

( здобувачем запропоновано конструктивну схему садильного апарату для садіння підщеп плодкових культур).

49. Пат.17339 України, МПК В27L 11/00. Подрібнюючий апарат / О.Г. Караєв, І.А. Щербіна, І.В. Циганов, В.І. Цимбал (Україна). – № 96051933; заявл. 17.05.96; опубл. 01.04.97, Бюл. №12 ( здобувачем запропоновано принцип подрібнення гілок).

50. Пат. 31914 Україна, МПК А01G 13/00. Препарат для боротьби з хворобами плодкових культур / Л.І. Падалко, О.Г. Караєв (Україна). – № 98116118; заявл.19.11.1998 ; опубл. 15.12.00, Бюл. № 13 (здобувачем запропоновано формулу винаходу).

51. Пат. 32124 А, МПК 6 А 01G 3/02. Секатор для щеплення / О.Г. Караєв, О.В. Бойко (Україна). – № 98126888; заявл. 25.12.98; опубл. 15.12.00, Бюл. № 7-II (здобувачем запропоновано конструктивну схему).

52. Пат. 17288 А Україна, МПК А01С 11/00. Садильний апарат / О.Г. Караєв, С.М. Саньков, В.І. Цимбал (Україна). – № 958377; заявл. 11.08.95; опубл. 01.04.97, Бюл. № 15 (здобувачем виконано графічну частину).

53. Пат. 48823 Україна, МПК В07В 13/04 А01С 1/00. Спосіб калібрування посівного матеріалу плодкових кісточкових культур / О.Г. Караєв, Л.Ю.Бондаренко (Україна). – № 20908301; заявл.06.08.09; опубл. 12.04.10, Бюл. № 7 – С. – 4 (здобувачем запропоновано формулу винаходу).

54. Пат. 48097 Україна, МПК<sup>7</sup> В07В13/04, А01С1/00. Установка для калібрування посівного матеріалу плодкових кісточкових культур / О.Г. Караєв, Л.Ю.Бондаренко (Україна). – № u200908583; заявл. 14.08.09;опубл. 10.03.10, Бюл. № 5. – 6 с (здобувачем запропоновано конструктивну схему).

55. Пат. 59975 Україна МПК А01С11/04. Садильний апарат дискового типу / О.Г. Караєв, І.О.Чижиков (Україна). – № 201012936; заявл.01.11.10; опубл. 10.06.11, Бюл. № 11 (здобувачем запропоновано конструктивну схему ).

56. Пат. 98487 Україна МПК А01 С11/00. Садильний апарат дискового типу / О.Г. Караєв, І.О.Чижиков (Україна). – № 201412957; заявл.03.12.14; опубл. 27.04.15, Бюл. № 8. (здобувачем запропоновано схему садильного апарату дискового типу і схему орієнтуючого пристрою).

57. Пат. 105290 Україна МПК А01С11/00. Викопувальна скоба / О.Г. Караєв, О.І. Матковський (Україна). – № 201509299; заявл. 28.09.2015; опубл. 10.03.16, Бюл.№5. – С. 4. (здобувачем визначено вимоги до удосконалення параметрів форми та положення скоби).

58. Пат. 108125 Україна МПК А01С 11/00 А01В 13/00. Фрезерна машина для обробітку ґрунту / О.Г. Караєв, В.А. Дідур, С.А. Мінько (Україна). – № u201510164; заявл. 19.10.15; опубл. 11.07.16, Бюл. №13. (здобувачем запропоновано формулу винаходу).

### **Матеріали доповідей на наукових конференціях**

59.Линник Н.К Экологическое и энергетическое обоснование эффективности утилизации плодовой древесины / Н.К.Линник, О.Г.Караєв // 4-Международ. конгресс

«Биоконверсия органических отходов и охрана окружающей среды». – НАУ: К. 1996. – С.188-190 .

60. 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: ДДАЕУ, 2015. – С.64 - 65.

61. Караєв О.Г. Обґрунтування способу визначення показників водної ерозії ґрунтів на зрошуваних землях сільськогосподарського призначення//Інноваційні технології збалансованого природокористування в агропромисловому виробництві: зб. матер. Міжнарод. наук.-практ. конф. ( 24 - 25 березня 2016 року, м. Ніжин)/За наук. ред.. В.С. Лукача [та ін.] – Ніжин, 2016. – С.78 - 84.

62. Караєв О.Г. Оцінка прояви ерозії ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення / О.Г. Караєв//Меліорація та водовикористання: матеріали науково - практичного семінару (Мелітополь, 18 березня 2016р.) – Мелітополь, Мелітопольське МУВГ, 2016. – С. 19 - 20.

### **Публікації у загальновідомих виданнях**

63. Толстолік Л.М. Вибір сортименту для плодкових насаджень/ Толстолік Л.М., О.Г. Караєв // Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матер. міжнар. наук.-практ. конф. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Т.2. Сільськогосподарські науки. Біологічні науки. Екологія (здобувачем обґрунтовано спосіб вибору).

64. Толстолік Л.М. Математика в поміч / Толстолік Л.М., О.Г. Караєв // Садівництво по українськи - №3 (15), 2016 – С.28-29 (здобувачем визначено значення критеріїв оцінювання плодкових культур).

### **АНОТАЦІЯ**

Караєв О.Г. Наукові основи створення механізованих технологічних комплексів для виробничих систем розсадництва плодкових культур – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, 2017.

Дослідження дисертаційної роботи спрямовані на розв'язання науково-прикладної проблеми, яка полягає у відсутності наукового забезпечення щодо створення в розсадниках оптимальних механізованих технологічних комплексів стабільного виробництва сертифікованого садивного матеріалу. Дана проблема має вирішуватися при проектуванні нових розсадників і реінжинірингу діючих процесів. Для чого необхідно мати: методики оцінювання проектних рішень за показниками ощадного витрачання і раціонального використання ресурсів; методи вибору машин; методи контролю за станом рослин під час їх вирощування і застосування коригувальних дій; методики підготовки технічних можливостей розсадників до державної атестації.

Правомірність даного положення підтверджена результатами теоретичних і експериментальних досліджень механізованого технологічного комплексу вирощування саджанців за енергетичними, агротехнічними, економічними показниками роботи засобів механізації і методів контролю за станом рослин, застосованих у відпо-

відності з розробленими практичними рекомендаціями щодо вибору машин, визначення схем контролю за рослинами і застосування коригувальних дій.

**Ключові слова:** розсадник плодкових культур, садивний матеріал, саджанці, метод вибору машини, технологія вирощування, контроль якості, коригувальні дії, параметри контролю, стабільність технологічного процесу.

### АННОТАЦІЯ

Караев А.И. Научные основы создания механизированных технологических комплексов для производственных систем питомниководства плодовых культур. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Таврический государственный агротехнологический университет, Мелитополь, 2017.

Исследования диссертационной работы направлены на разработку основ создания механизированных технологических комплексов для питомников плодовых культур. Основным свойством таких комплексов является адаптация питомников к изменениям природных и социальных условий ведения хозяйственной деятельности. Питомники, которые обладают такими свойствами, могут гарантированно производить сертифицированный посадочный материал.

В настоящее время в Украине управление производством продукции питомников осуществляется путем обязательной аттестации производств. Основной целью аттестации является оценивание технических возможностей производства обеспечивать стабильный выпуск сертифицированного посадочного материала.

Для достижения поставленной цели питомник должен иметь порядок регистрации контроля качества готовой продукции и состояния растений в процессах выращивания. Поскольку известная нормативная документация не может обеспечить полное выполнение установленных на законодательном уровне требований, то для достижения поставленной цели разработаны и практически применены: методика оценивания проектных решений по показателям рационального использования ресурсов; метод выбора машин; метод оценивания состояния растений во время их выращивания и принятия решений для применения корректирующих действий.

Для разработки производственной модели питомника его предложено представить в виде организационной (структурной) модели и функциональной и информационной (алгоритмическими) моделями. На основании данных моделей установлены главные этапы механизированных операций и фенологических фаз роста и развития растений в технологических процессах выращивания посадочного материала. Это позволило создать механизированный технологический комплекс, который состоял из экспериментальных образцов машин для калибрования косточек и их посева в первое поле школы саженцев, обработки почвы в маточно-сортовом саду, методик контроля процессов выращивания растений и плуга для выкапывания саженцев.

Установлено, что определение стабильности технологических процессов на главных этапах выращивания растений позволяет своевременно применять корректирующие действия и, тем самым, увеличивать выход саженцев первого товарного сорта.



Доказано, что в природно-климатических условиях юга Украины разработанный механизированный технологический комплекс обеспечивает увеличение выхода первого товарного сорта саженцев на 24,4% и снижению себестоимости саженцев на 24%.

**Ключевые слова:** питомник плодовых культур, посадочный материал, саженцы, метод выбора машин, технология выращивания, контроль качества, корректирующие действия, параметры контроля, стабильность технологического процесса

### ANNOTATION

Karaiev O.G. Scientific Fundamentals of Mechanized Technological Complexes Working out for Nursery Garden Crop Production Systems of Fruit Crops – Manuscript.

The theses for a degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.05.11 – Machines and Means of Farm Production Mechanization. – Tavria State Agro-technological University. – Melitopol, 2017.

The theses research covers the solution of scientific and applied problem related to scientific support unavailability as for forming of optimal and technological complexes for certified planting stocks steady output in fruit crop nursery gardens.

The problem under consideration should be solved when projecting nursery gardens as well as reengineering the processes already being under operation. Everything that is needed should include: methods for project decisions estimation by the indices of resources saving consumption and rational use; methods for machines choosing; methods for plants condition control in the period of their growing as well as control actions introduction; methods for preparing technical capabilities of nursery gardens to state certification.

Appropriateness of this provision has been confirmed by the results of theoretical and experimental research of mechanized and technological complex for seedlings growing in accordance with energy, agro-technical, economic indicators of operation for mechanization tools and control methods as for plants condition having been applied in accordance with worked out practical guidelines as for machines choice, control schemes defining for plants as well as control actions use.

**Key words:** fruit crops nursery garden, planting stock, seedlings, machines, cultivating technology, quality control, control actions, control parameters, technological process stability.