

М. П. Волоха

**ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС МАШИН
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ:
ШИРИНА МІЖРЯДЬ**

ТЕОРІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

МОНОГРАФІЯ

«Центр учбової літератури»
Київ – 2015

УДК 631.31
ББК 40.72
В 68

*Рекомендовано до друку
Вченою радою Національного авіаційного університету
(протокол № 4 від 20.05.2015 р.)*

Рецензенти:

Маковецький О. А. – Академік ІАН України, доктор сільсько-господарських наук, УкрНДДПВТ ім. Л. Погорілого;

Ермантраут Е. Р. – доктор сільсько-господарських наук, професор ІБКіЦБ;

Ветохін В. І. – доктор технічних наук, професор НТУУ «КПШ»;

Головач І. В. – доктор технічних наук, професор НУБіП.

Волоха М. П. Технологічний комплекс машин для виробництва буряків цукрових: ширина міжрядь. Теорія, моделювання, результати випробувань [монографія] / М. П. Волоха. – Київ: Центр учбової літератури, 2015. – 220 с.

ISBN 978-611-01-0713-6

У монографії викладені теорія, методи моделювання і результати досліджень технологічних процесів та технічних засобів для вирощування і збирання буряків цукрових. Приведений історичний огляд розвитку буряківництва, як сировинної бази для отримання важливого вітчизняного стратегічного продукту – цукру. Проаналізовані показники якості виконання технологічних операцій в залежності від типів робочих органів і технологічних схем сучасних вітчизняних і зарубіжних машин для передпосівного обробітку ґрунту, сівби та збирання гички і коренеплодів буряків цукрових. Розроблений новий спосіб виробництва буряків цукрових з комбінованими (3×30см+1×45см) міжряддями і технологічний комплекс машин для його реалізації. На основі аналізу систем керування складними технологічними процесами запропоновано агентне моделювання, як один із видів імітаційного, що дозволяє визначити технологічні змінні, їх взаємовідносини та взаємозв'язки, виділити техніко-економічні показники, оцінити вплив на прибутковість, визначити напрямки розвитку та шляхи вдосконалення техніко-технологічної бази галузі буряківництва.

Книга призначена для науковців, дослідників, студентів, аспірантів агротехнічних ВНЗів та спеціалістів сільськогосподарського машинобудування.

УДК 631.31
ББК 40.72

ISBN 978-611-01-0713-6

© Волоха М. П., 2015.

З М І С Т

ВСТУП	7
Розділ 1. Особливості основних технологічних процесів виробництва цукрових буряків і аналіз робочих органів машин для їх виконання	10
1.1. Агротехнічні вимоги і знаряддя для лушення стерні	11
1.2. Проведення глибокої оранки оборотними плугами	14
1.2.1. Форма робочої поверхні полиці і геометричні розміри скиби	15
1.2.2. Схема моделі функціонування плуга	18
1.3. Висновки по розділу	19
Розділ 2. Ранньовесняний та передпосівний обробіток ґрунту	20
2.1. Ранньовесняне розпушення ґрунту	20
2.2. Особливості проведення передпосівного обробітку ґрунту, дослідження вітчизняних і зарубіжних машин	22
2.2.1. Удосконалення робочої поверхні ґрунтообробного знаряддя	30
2.2.2. Моделювання процесу рихлення ґрунту	32
2.3. Висновки по розділу	33
Розділ 3. Сівба – найважливіший етап технології вирощування цукрових буряків	34
3.1. Загальна характеристика механічних і пневматичних сівалок	36
3.1.1. Будова посівної секції сівалки ССТ-12В	44
3.1.2. Розрахунок паралелограмної підвіски	44
3.2. Аналіз показників якості виконання технологічного процесу	46
3.3. Моделювання траєкторії польоту насінини при сівбі висівним апаратом пневматичного типу.	48
3.3.1. Процес підготовки насіння до сівби.	53
3.3.2. Розробка пристрою для сортування насінин за масою	55
3.4. Висновки по розділу	57

Розділ 4. Моделювання передпосівного обробітку ґрунту і сівби буряків цукрових як двоєдиного технологічного процесу	58
4.1. Базові засади моделювання складних технологічних процесів буряківництва	58
4.1.1. Основні положення та визначення теорії моделювання	61
4.1.2. Вимоги до моделей складних технологічних процесів буряківництва	66
4.1.3. Методи і методика процесу побудови математичної моделі	72
4.2 Моделювання технологічних процесів на основі оптимального планування експериментів	73
4.2.1 Сутність методу статистичного моделювання	76
4.2.2 Побудова емпіричних регресійних моделей	79
4.2.3. Планування багатофакторного експерименту	80
4.2.4 Оцінка достовірності та адекватності моделі	82
4.3. Дворівнева концепція моделювання складних технологічних процесів буряківництва	88
4.3.1. Типові математичні схеми аналітичних моделей основних видів процесів.	90
4.3.2. Сутність імітаційного моделювання та його використання для моделювання складних технологічних процесів буряківництва	91
4.3.3. Принципи побудови моделі двоєдиного технологічного процесу на основі агентної парадигми	92
4.4 Дослідження технологічних процесів передпосівного обробітку ґрунту і сівби буряків цукрових	98
4.4.1. Побудова математичної моделі двоєдиного технологічного процесу	98
4.4.2 Планування експериментів у методі імітаційного моделювання	103
4.4.3 Обробка та аналіз результатів експериментів з моделями систем	107
4.5. Висновки по розділу	115
Розділ 5. Збирання урожаю – завершальний, найбільш трудомісткий етап технології виробництва буряків цукрових.	117
5.1. Строки збиральних робіт	117

5.2. Відповідність показників роботи бурякозбиральних машин нормативам агротехнічних вимог5	118
5.3. Класифікація робочих органів і технологічні схеми зрізування гички, викопування і очищення бороху коренеплодів	120
5.3.1. Гичкорізи	122
5.3.2. Викопувальні робочі органи	127
5.3.3. Очисники бороху коренеплодів	135
5.4. Сучасний стан і напрямки вдосконалення технологій та технічних засобів для збирання коренеплодів	143
5.4.1. Технічні засоби і технологічні прийоми збирання коренеплодів	143
5.4.2 Світові тенденції та перспективи у виробництві технічних засобів для збирання коренеплодів	163
5.5. Висновки по розділу	164
Розділ 6. Характеристика технологій виробництва буряків цукрових	165
6.1. Особливості українських адаптованих технологій буряківництва.	165
6.2. Економічна ефективність сучасних механізованих технологій вирощування та збирання буряків цукрових.	168
6.3. Висновки по розділу	173
Розділ 7. Розробка і впровадження авторської технології виробництва буряків цукрових з комбінованою шириною міжрядь	174
7.1. Аналіз результатів досліджень з впливу розмірів і конфігурації площі живлення рослин на продуктивність буряків цукрових	174
7.1.1. Форма і розміри площі живлення	174
7.1.2. Ширина міжряддя	176
7.2. Модернізація коренезбиральної машини КС-6Б для викопування коренеплодів вирощених з міжряддями 30 см	180
7.3. Оптимізація схеми сівби шляхом поєднання модульних блоків міжрядь різної (3×30см + 1×45см) ширини	182
7.3.1. Методика досліджень з вибору раціональної схеми розміщення рослин при комбінованій ширині міжрядь	183
7.3.2. Розрахунок вибору схеми розміщення рослин.	187

7.4. Розробка комплексу машин для реалізації альтернативної технології	188
7.4.1. Сівалка ССТ-16Б	189
7.4.2. Культиватор УСМ-5.4Б (В)	190
7.4.3. Гичкозбиральна машина БМ-6А (В)	191
7.4.4. Очищувач головок коренеплодів ОГД-6 (В)	192
7.4.5. Коренезбиральна машина КС-6Б-05 (В)	192
7.5. Проведення дослідно-виробничих посівів з комбінованими міжряддями і їх оцінка за співвідношенням «К» сторін прямокутника площі живлення	195
7.6. Висновки по розділу	202
Література	203

БУРЯКОЦУКРОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ
ДОРОГОЦІННІША ЗА ЗОЛОТІ КОПАЛЬНІ. ТІ
ВИСНАЖУЮТЬСЯ З ЧАСОМ, А ЦЯ ПРОМИСЛОВІСТЬ
З КОЖНИМ РОКОМ БУДЕ ЗБІЛЬШУВАТИСЬ,
ЗВЕЛИЧУЮЧИ РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ДОБРОБУТ
ШЛЯХЕТСЬКИХ МАЕКІВ.
"ІЗ ЗАПИСОК V КОМПЕТУ ЦУКРОВАРІВ", 1838р.

ВСТУП

Виробництво цукру в Україні є одним з провідних стратегічних напрямів розвитку економіки країни і необхідною умовою незалежності від імпортерів та коливань цін на світовому ринку. Тому цукрова промисловість потребує власної сировини.

Для промислового виробництва цукру у світі більша частина сировини виготовляється з двох сільськогосподарських культур - цукрової тростини (близько 60% загального обсягу) та буряків цукрових (40%). Обидві рослини мало відрізняються за якісними характеристиками цукру, хоча буряк став сировиною для виробництва даного продукту пізніше цукрового очерету.

У світовому землеробстві буряк цукровий вирощується на площі понад 9 млн. га. За радянських часів Україна займала провідне місце у світі за площами посіву буряків цукрових (1,7 млн. га) та за виробництвом цукру з цукрових буряків: понад 5 млн. тонн, що складало 10% світового виробництва та 60% виробництва бурякового цукру у колишньому СРСР. Україна входила до числа перших світових його експортерів.

Впродовж років незалежності України посіви цукрових буряків катастрофічно зменшувались і, наприклад, у 2013 році, за повідомленнями Міністерства аграрної політики і продовольства, цукристі зібрані на площі лишень 280 тис.га, внаслідок чого було втрачено зовнішні ринки збуту і з 1999 року наша держава стала імпортером цукру, хоча буряк цукровий в Україні традиційно був найприоритетнішою технічною культурою, а прибуток становив левову частку прибутку від усього рослинництва.

Рівень розвитку виробництва цукрових буряків значною мірою визначає стан економіки аграрно-промислового комплексу, адже буряк відносять до інтенсивних технічних сільськогосподарських культур, тобто

таких, що вимагають значних витрат матеріальних та трудових ресурсів. Попри це, буряківництво – високоприбуткова галузь (при певних рівнях урожайності культури), яка сприяє зміцненню економіки як країни в цілому, так і кожного бурякосійного господарства. По-перше, коренеплоди цукрових буряків є сировиною для виробництва цукру – одного із основних продуктів харчування та для виробів фармацевтичної промисловості; по-друге, від продажу цукрової сировини бурякосійні підприємства одержують до половини грошових надходжень і до третини загальної суми чистого доходу рослинництва; по-третє, цукрові буряки - значне джерело поповнення кормових ресурсів у вигляді гички, а також жому, патоки і комбікормів, які господарства отримують від цукрових заводів (при врожайності 300-350 ц/га одержується близько 65 ц. кормових одиниць з 1га, що еквівалентно врожайності ячменю понад 40 ц/га); по-четверте, буряки цукрові підвищують загальну продуктивність сівозміни.

Серед інших просапних польових культур цукрові буряки є "найвибагливішими" до ґрунтово – кліматичних умов і, головне, до робочих органів машин, що призначаються для виконання низки складних високотехнологічних операцій їх виробництва. Тому урожайність коренеплодів цукрового буряка та ефективність виробництва цукробурякової продукції визначається рівнем застосовуваних передових технологій і досконалістю технічних засобів на всіх етапах – від передпосівного обробітку ґрунту і сівби насіння ЦБ весною до отримання бурякової сировини на заводі восени.

За радянських часів значних результатів теоретичних та експериментальних досліджень з розробок індустриальних технологій і машин для вирощування і збирання буряків цукрових було досягнуто під керівництвом відомих вчених П.М. Василенка, А.А. Василенка, Ф.М. Солов'я, О.Ф. Ушакова, Б.Я. Варшавського, Л.В. Погорілого, Г.Д. Петрова, П.В. Савича, В.С. Глуховського, О.Г. Цимбала, В.С. Басіна, М.М. Хелемендика, Б.П. Шабельника та їх учнів.

Нині у царині механізованих технологій буряківництва широко відомі в Україні і за її межами наукові школи В.В.Адамчука, В.М.Булгакова, М.В. Роїка, О.О. Івашенка, Д.Г. Войтюка, В.І. Ветохіна, Б.М. Гевка, Р.Б. Гевка, І.В. Головача, В.О. Дубровіна, Е.Р. Ермантраута, В.І. Кравчука, А.С. Кушнар'ова, В.Л. Курила, В.І. Корабельського, Ю.І. Ковтуна, О.А. Маковецького, В.Ф. Пашенка, С.Ф. Пилипаки, В.М. Сінченка, В.П. Юрчука та ін.

Одним з найважливіших агробіологічних факторів одержання високої продуктивності цукрових буряків є рівномірність розміщення рослин по полю, тобто забезпечення однакової площі живлення для кожної рослини при оптимальній густоті стояння їх на засіяній площі.

Теоретично і польовими агротехнічними дослідженнями вчених – фізіологів ВНИС (Г.І. Гнатюк, К.А. Маковецький, В.О. Бюрісюк, В.В. Захарова та ін.) було доведено, що раціональною конфігурацією площі живлення буряка є її наближення до квадрата 30х30см. (в ідеалі – коло), що відповідає біологічно обгрунтованій площі живлення рослини ($\approx 900\text{см}^2$), і тому міжряддя посівів ЦБ, що здавна вирощувались та збирались вручну, а потім із застосуванням кінної тяги, мали ширину 30см, Такі міжряддя виконували роль як основних, так і технологічних. У середині ХХ–го століття в зв'язку з механізацією виробництва цукрових буряків з очевидних причин з'явилися технологічні міжряддя шириною 45см, які стали також і основними. Наслідком такого "розширення" міжряддя з 30 до 45см. явилось "загущення" рослин вздовж рядків з тим, щоби загалом отримати оптимальну густоту їх стояння (≈ 110 тис.шт./га., або 5 шт. на 1м. довжини рядка) на площі поля. Це, в свою чергу, призвело до відхилення від квадратної форми площі живлення рослини і видовження її перпендикулярно по відношенню до осі рядка і, як наслідок, до зниження урожайності культури.

Як у минулому, так і у теперішній час зворотній перехід до міжряддя шириною всуціль 30см. унеможливується в зв'язку з проблемою проходження у міжряддях рушіїв енергетичних засобів і робочих органів просапних та збиральних агрегатів. Але альтернативою є технологія вирощування і збирання буряків цукрових з комбінованими міжряддями.

У даній монографії узагальнені і проаналізовані результати розробок вітчизняних і зарубіжних вчених з досліджень сучасних технологічних процесів і технічних засобів виробництва буряків цукрових, приведені результати власних досліджень автора, у тому числі з агентного імітаційного моделювання складних технологічних процесів буряківництва; з розробки і впровадження у виробництво схем сівби буряків цукрових і комплексів машин, які передбачають можливість поєднання /комбінування/ основних (30см.) і технологічних (45см.) міжряддя з урахуванням агробіологічних особливостей культури.

Розділ 1.

ОСОБЛИВОСТІ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ І АНАЛІЗ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ЇХ ВИКОНАННЯ

Технологія виробництва цукрових буряків (ЦБ) включає низку технологічних процесів (ТП), серед яких в даній роботі основну увагу буде приділено тим специфічним процесам вирощування та збирання ЦБ, які за результатами досліджень провідних наукових установ у галузі буряківництва (ІБКіЦБ, НУБІП, Укр НДПВТ та ін.) є визначальними для цієї своєрідної культури: підготовка ґрунту та насіння до посіву; проведення сівби і збирання урожаю (рис. 1.1).

Підготовка ґрунту				Підготовка насіння	Сівба	Вирощування	Збирання
восени		весною					
Лущення стерні	Внесення мінеральних добрив	Вирівнювання борозен та гребенів	Ранньовесняний обробіток ґрунту	Калібрування насіння по масі	Всієї насіння на заданий інтервал	Формування лусотти насадження	Колібай нове (1-о фазне)
Внесення органічних добрив	Оранка	Культивація забу	Примушування та вивеснення вершадків	Розподіл насіння по площі	Загортання на задану глибину	Міжрядні обробітки	2-х фаз : (гнітка, кореня, -окремо)
			Підрядковий обробіток ґрунту	Калібрування насіння по фракціях (по зовніш)			3-х фаз : польові валки, кореня, плодів

Рис. 1.1. Основні етапи технології вирощування і збирання ЦБ

Поряд з цим, урожайність ЦБ та ефективність їх виробництва визначається рівнем застосовуваних передових технологій і досконалістю технічних засобів на всіх етапах – від лущення стерні і оранки ґрунту влітку, після збирання зернових, до отримання цукробурякової сировини на заводі восени наступного року.

1.1. Агротехнічні вимоги і знаряддя для лушення стерні

Кожна технологія вирощування ЦБ починається з лушення стерні. У структурі ТП основного обробітку ґрунту напівпаровим способом лушення стерні здійснюється переважно дисковими лушильниками або дисковими боронами (табл.1.1).

Таблиця 1.1

Основні агротехнічні вимоги до ТП лушення стерні

Показники	Вимоги	Допуски
Строк проведення технологічної операції	Вслід за збиранням Культурипопередника	Один день після збирання
Тривалість роботи на одному полі, дні	2	+1
Глибина обробки, см	10–12	±2
Глибина западини після поперечного проходу агрегату, см	До 4	+1
Кількість непідрізаних бур'янів на 1 м ²	Не допускається	-
Огріхи між суміжними проходами	Також	
Перекриття між суміжними проходами, см	10–15	+2
Кількість обробок	2	+1
Спосіб руху агрегату	Човниковий	--
Напрямок руху агрегату при повторній обробці	Перпендикулярно до напрямку першої обробки	Під кутом 45° до напрямку першої обробки

Метою лушення стерні є розпушування верхнього шару ґрунту, підрізування бур'янів та стерні, їх подрібнення для кращого загортання під час оранки, запобігання втратам вологи від випаровування та створення сприятливих умов для її накопичення в період між лушенням та оранкою, створення агрофізичних передумов для оптимізації кришення пласта й зменшення тягового зусилля при проведенні оранки. На полях, де переважають кореневищні бур'яни (осот, пирій та ін.), застосовуються важкі дискові борони в два сліди в протилежному напрямку відразу після збирання попередника.

Лушення стерні проводять агрегатами у складі фронтальних дискових лушильників (ЛДФ) різної ширини захвату зі сферичними дисками (рис. 1.2).

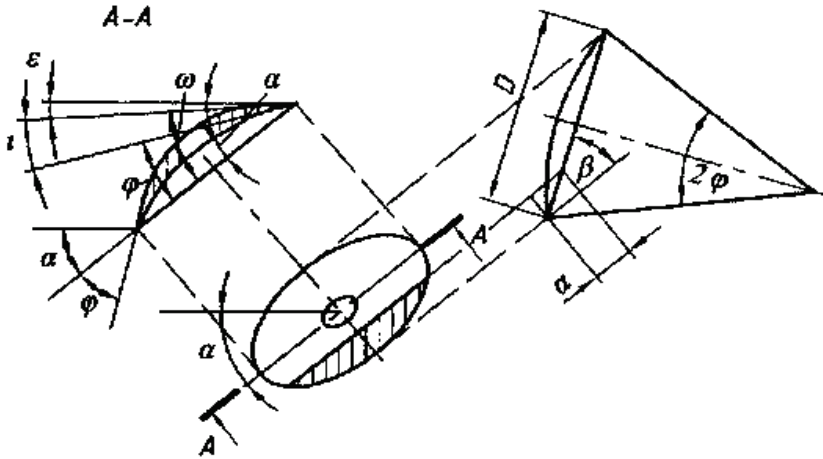


Рис. 1.2. Геометричні параметри сферичного диска

Основними геометричними параметрами сферичних дисків, які характеризують їх дію на ґрунт, є діаметр диска D ; радіус кривизни R ; кут атаки α (кут установки диска до напрямку руху агрегату); кут β нахилу площини обертання леза до вертикалі; центральний кут 2φ дуги кола, що утворюється у результаті перетину диска екваторіальною площиною; задній кут ε ; кут різання ω ; кут ι заточки ріжучої кромки диска.

На ґрунтах підвищеної твердості та при значній забур'яненості стерні застосовуються важкі дискові борони (БДТ) різних модифікацій з дисками вирізними по периферії, типу «ромашка», виробництва ПАТ «Уманьфермаш» (рис. 1.3), ТОВ «Краснянське СП «Агромаш» (рис. 1.4) та ін., а також західноєвропейських компаній «Gregoire Besson», «VÄDERSTAD», «GASPARDO» та ін.



Рис. 1.3. Луцильник дисковий важкий ЛДВ-6



Рис. 1.4. Борона дискова важка причіпна з чизельною приставкою БДВП-4,2

1.2. Проведення глибокої оранки оборотними плугами

Глибока оранка є головною технологічною операцією у системі основного обробітку ґрунту, який направлений на підвищення продуктивності ЦБ. Вона проводиться після луцення стерні і внесення органічних та мінеральних добрив у кінці липня чи на початку серпня.

При глибокій оранці верхній прошарок орного шару переміщується вниз, а на поверхню піднімаються глибші шари ґрунту. Якісніше обертання скиби і загортання пожнивних решток, бур'янів, добрив на більшу глибину відбувається у разі застосування ярусних плугів, у яких передній корпус підрізає верхній прошарок ґрунту на глибину близько 18 см, перевертає його і укладає на дно попередньої борозни. Укладений таким чином шар накривається зверху скибою, яка піднімається корпусом нижнього ярусу (табл. 1.2).

Таблиця 1.2.

Агротехнічні вимоги до ТП глибокої оранки

Показники	Нормативи	Допуски
Початок виконання робіт	Вслід за внесенням органічних добрив	1–2 дні після внесення добрив
Тривалість роботи в одному полі, дні	6	±2
Прямолінійність, м	Без відхилень від прямої лінії	+1 м на 500 м гону
Оборот пласта	Повний	-
Загортання після жнивних решток, бур'янів, Добрив, %	Не менше 95 %	+2
Гребені, см	Не більше 5	-2
Огріхи, не оброблені поворотні смуги	Не допускаються	
Глибина оранки, см	30–32	-2

В кінці ХХ століття у Європі з'явилися гідравлічні оборотні плуги різних виробників: Lemken, Rabe Werk, Frost, Kuhn, Kverneland, Gregoire Besson, Krone, Vogelnoot та ін. На протязі останніх років вітчизняні сільгоспмашинобудівники теж налагодили виробництво аналогів оборотних плугів ПНО-3,35, ПОНП-6 та ін.

Значною перевагою таких плугів є наявність лівих та правих корпусів завдяки яким можна орати поле без звальних гребенів та розвальних борозден, що є важливо при вирощуванні і збиранні ЦБ, адже всі наступні ТП по вирівнюванню поверхні ріллі значно спрощуються. При розвороті

агрегата з оборотним плугом в кінці поля плуг піднімається та обертається на навісці або на рухомій рамі, в залежності від того, який він: навісний, напівнавісний чи причепний. У такому разі оранка здійснюється човниковим способом без розбивки поля на загинки.

Незважаючи на високі ціни оборотних плугів (приблизно вдвічі дорожче звичайних) і значну масу (у 1,5 рази більше) у європейських країнах і останнім часом в Україні вони широко застосовуються, бо забезпечують високу якість оранки.

Корпуси навісних плугів монтуються на однобрусовій рамі у кількості від 1 до 3. Рама спирається на одне пневматичне колесо, яке регулюється за висотою вручну або за допомогою гідроциліндра. Більшість моделей навісних плугів мають регульовану ширину захвату. Зміна ширини захвату виконується безступінчасто, шляхом повороту основного бруса відносно навіски та додаткового обертання корпусів. Одночасно з поворотом бруса рами зв'язана з грядилями корпусів штанга виконує їх разворот навколо вертикальної вісі. Діапазон регулювання ширини захвату одного корпусу складає від 30 до 55 см. Для візуального спостереження трактористом із кабіни за установкою необхідної ширини захвату на рамі плуга є показник, зв'язаний з механізмом повороту корпусів.

Напівнавісні та причіпні плуги можуть мати 7–9 корпусів. Полиця може бути суцільною або стрічковою (рис. 1.5), що забезпечує краще рихлення відрізаної скиби ґрунту.

1.2.1. Форма робочої поверхні полиці і геометричні розміри скиби

Робочі поверхні корпусів (полиці) тракторних плугів загального призначення поділяють на культурні, напівгвинтові і гвинтові.

Полиці оборотних культурних плугів з циліндроїдальною робочою поверхнею в поєднанні з передплужником добре подрібнюють скибу і забезпечуючи достатній її оберт, заробляють рослинні залишки у ґрунт. Напівгвинтові полиці з циліндроїдальною формою поверхні і гвинтові з гелікоїдальною робочою поверхнею добре обертають скибу на задернілих ґрунтах, але недостатньо подрібнюють її.

Приведені типи плужних полиць задовіль працюють при швидкостях 1,1–1,5 м/сек. Проте, однією із задач подальшого розвитку як вітчизняного,

так і зарубіжного сільськогосподарського виробництва є перехід сільськогосподарських агрегатів на роботу з підвищеними швидкостями. Це дозволить значно (на 30–40 %) підвищити продуктивність і знизити металомісткість плугів. Сучасні культурні полиці після удосконалення форми робочої поверхні можуть працювати на швидкостях 1,8–2 м/сек, а якість оранки при цьому підвищується [109].

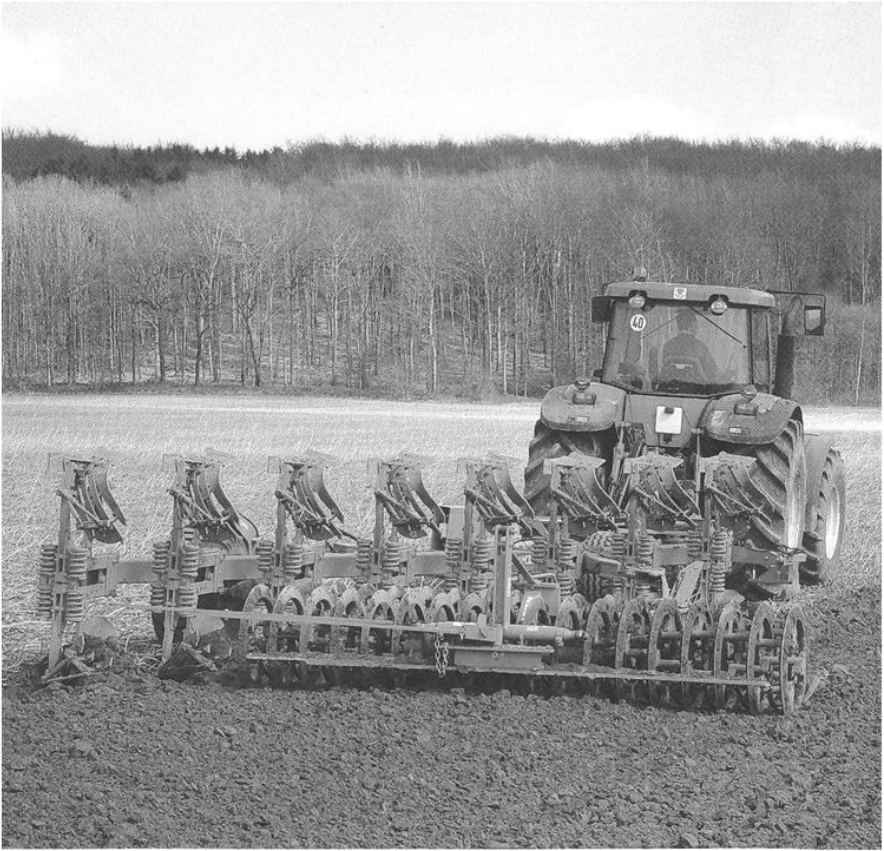


Рис. 1.5. Напівнавісний оборотний плуг ЄвроДіамант 8 фірми Lemken

Для оранки при швидкості понад 2 м/сек робоча поверхня полиці має розташуватись пологіше до дна і стінки борозни (кут θ_0) і з більшим вильотом L напрямлюючої параболи. Найраціональнішим для таких швидкостей є кут $\theta_0 = 35^\circ$ при $\theta_{\max} - \theta_0 = 5 \div 7^\circ$ і $\theta_0 - \theta_{\min} = 2^\circ$. Кут $\theta_0 > 35^\circ$ викликає зайві зсуви скиби в сторону зораного поля. Пологі полиці $\theta_0 < 30^\circ$

є недостатньо міцними. Виліт направляючої робочої поверхні L швидкісного корпуса для плавного переміщення скиби по передній частині полиці рекомендується дещо збільшити (на 10–20 мм). Відповідно при збільшенні вильоту L кут нахилу полиці до дна борозни необхідно приймати в межах $15^\circ < \gamma < 25^\circ$ та збільшити довжину прямолінійної частини направляючої параболу до $S > 60$ мм [64, 109].

Розміри поперечного перерізу скиби и умови її оберту визначаються глибиною оранки a (рис. 1.6) и шириною захвату полиці b . На рис. 1.4 приведені основні геометричні співвідношення елементів відрізаної скиби.

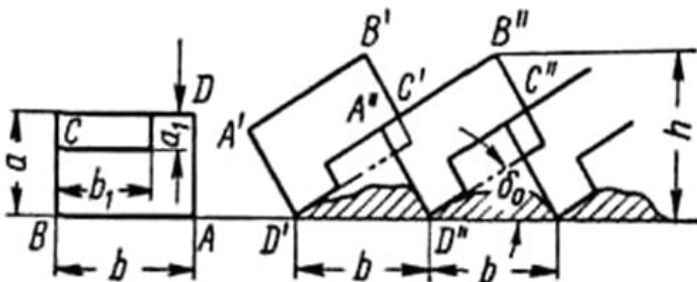
При роботі полиці с передплужником ширина вільної борозни $BD_0 = a$. Якщо $BD_0 < a$, то скиба передплужника на дно борозни не укладається.

Для культурних полиць при установленому співвідношенні скиби $\frac{b}{a} = \frac{3}{2}$ і захваті передплужника $b_1 = \frac{3}{2}$ величина $b_1 = a$. У такому випадку скиба передплужника укладається в борозну. При $a > b_1$ ширина вільної борозни є більшою ширини захвату передплужника, однаке при значній глибині оранки скиби розташовуються крутіше до дна борозни и осипаються, внаслідок чого фактична ширина борозни виходить меншою глибини оранки.

Кут δ_0 нахилу відрізаної скиби до горизонту при роботі без передплуж-

ника знаходиться из співвдношення $\sin \delta_0 = \frac{a}{b}$.

$$\delta_0 = \arcsin \frac{a}{b} = \arcsin \frac{25}{45} = 33,75^\circ$$



M

Рис. 1.6. Геометричні елементи обороту пласта при роботі корпусу плуга з передплужником

Теоретичний показник ступеня рихлення (кришіння) ґрунту визначають із виразу

$$\frac{h}{a} = 1 + \cos \delta_0 = 1 + \cos 33,75^\circ = 1,83.$$

В такому випадку стик скиби знаходиться над дном борозни на висоті, що дорівнює глибині оранки.

Оберт скиби залежить від відношення $\frac{b}{a}$; чим воно більше, тим пологіше лягає скиба. Мінімальним є відношення $\frac{a}{b} = 1,27$ (по В. П. Горячкіну), при якому діагональ оберненої скиби розташовується вертикально и скиба приймає нестійке положення, внаслідок чого може відбутись недохилення скиби і зворотнє її падіння у борозну.

$$\frac{b}{a} = \frac{45}{20} = 1,8.$$

Якщо ширина захвату передплужників дорівнює $\frac{2}{3}$ ширини захвату полиці, то відношення $\frac{b}{a}$ може бути менше 1,27.

Для культурних полиць при роботі на рихлих ґрунтах приймають $\frac{b}{a} = 1,2 \div 1,5$.

1.2.2. Схема моделі функціонування плуга

Роботу будь-якої сільськогосподарської машини (виконання технологічного процесу, системи керування) незалежно від її призначення і фізичної природи доцільно розглядати у термінах «вхід» — «вихід» на моделях типу «чорний ящик». У такому разі аналіз, синтез і оптимізація параметрів машини чи виконуючого нею технологічного процесу здійснюється на основі зв'язків між вхідними і вихідними змінними. У якості вхідних змінних приймають зовнішні збурення (умови функціонування) і керуючі впливи (зі сторони оператора чи керуючих пристроїв) [80].

Вихідними змінними будут параметри, за якими визначаються агротехнічні, енергетичні, техніко-економічні та інші показники роботи машини. Такий підхід до побудови моделі функціонування сільськогосподарського агрегата визначає його уяву у вигляді системи, яка здійснює перетворення вхідних змінних у вихідні.

Модель ТП оранки приведена на рис.1.7.

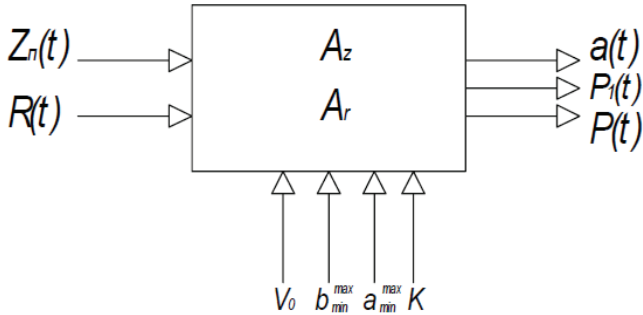


Рис. 1.7. Модель функціонування плуга: $Z_n(t)$ – нерівності поверхні поля; $R(t)$ – спротив ґрунту; $a(t)$ – глибина оранки; $P(t)$ – тяговий опір; V_0 – швидкість руху агрегата; b_{mn}^{max} – регулювання глибини ходу полиць; a_{mn}^{max} – варіювання ширини захвату; $P_1(t)$ – продуктивність роботи; K – умови обертую схиби.

1.3. Висновки по розділу

Якісне проведення основного обробітку ґрунту, суттєво впливає на підвищення урожайності цукрових буряків. Висока якість оранки досягається при проведенні її оборотними плугами з передплужниками.

Аналіз, синтез і оптимізацію параметрів робочих органів машин та виконуючих ними технологічних процесів доцільно проводити на моделях, які створюються на основі зв'язків між вхідними і вихідними змінними.

Розділ 2.

РАНЬОВЕСНЯНИЙ ТА ПЕРЕДПОСІВНИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ

За даними досліджень ІБКіЦБ до комплексу факторів, які суттєво впливають на польову схожість насіння, належить температура та вологість підготовленого ґрунту, достатність повітрявмісткості, співвідношення між вмістом води й повітря, вирівняність потрібного структурно-агрегатного складу ґрунту [105, 136], що схематично позначено на рис. 2.1.

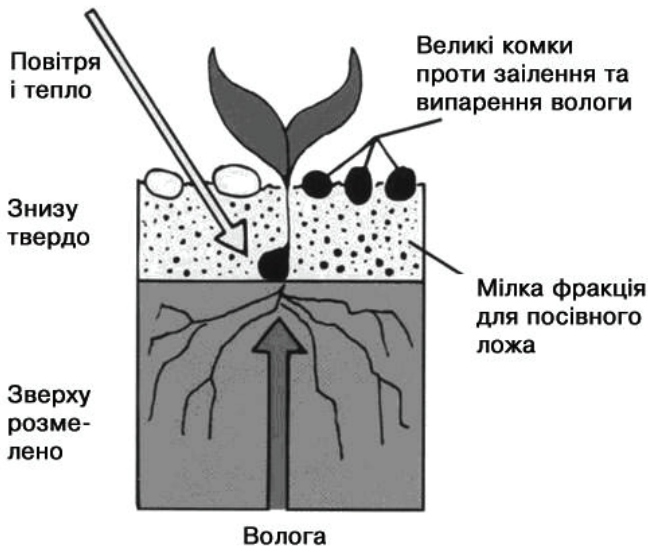


Рис. 2.1. Схема живлення пророслої насінини

2.1. Ранньовесняне розпушення ґрунту

Ранньовесняне розпушення ґрунту («закриття вологи») необхідно проводити в період фізичної стиглості ґрунту, коли вологість його вища на 3–4 % від нижчої межі пластичності і ґрунт не мається та подрібнюється без залипання робочих органів ґрунтообробних знарядь. Тривалість такого стану верхнього шару ґрунту не більше одного-двох днів, тому й виконувати

цю роботу потрібно у вказаний період, адже верхній прошарок ріллі при цьому швидко дозріває.

Запізнення з закриттям вологи на один день призводить до непродуктивних втрат 60–120 т/га води й зменшення врожайності на 0,6–1,2 т/га [51, 103]. У такому разі ранньовесняне розпушування ґрунту проводять агрегатом з борін ЗБСС-1,0 та ЗОР-07, що монтуються на зчіпці СП-16. Відповідно до нормативів АТВ товщина розпушеного шару ґрунту має становити 2,5–3 см. У розпушеному шарі вміст грудок діаметром більше 20 мм не повинен перевищувати 20 %, у тому числі діаметром 50 мм — не більше 5 % від маси проби. Для рівномірності заглиблення зубів борін лінія тяги має складати кут 14–18° з поверхню ґрунту для борін важких БЗТС-1,0 і середніх БЗСС-1,0, а для посівних ЗБП-0,6 чи райборінок ЗОР-07 — кут 10–14°. Швидкість руху агрегата становить 6–8 км / год. Слід стежити, щоб зуби борін не забивалися рослинними рештками.

Важливо зазначити, що неприпустимим для проведення весняних обробітків є застосування парових культиваторів типу КПС-4,2, які грубо розробляють ґрунт та інтенсивно перемішують його, сприяючи значним втратам вологи.

На добре підготовлених і вирівняних восени полях з незапливаючими ґрунтами весною достатньо провести лише суцільне розпушування верхнього прошарку ґрунту або навіть відразу проводити пряму сівбу ЦБ.

Важкі за механічним складом ґрунти, як і ті, що запливли і надмірно ущільнились, обробляють агрегатом, у першому ряду якого становлять важкі зубові борони БЗТС-1,0 чи пружинні типу БВП-9, а в другому — середні. Для обробітки середньо ущільнених ґрунтів в першому ряду розміщують середні, а в другому — посівні борони. Для обробітки пухких ґрунтів у першому ряду розміщують посівні борони, у другому — райборінки.

У системі технологічних операцій інтенсивної технології ранньовесняне розпушення та вирівнювання ґрунту здебільшого поєднують в одну комплексну операцію. Для виконання цих робіт, а також заробки ґрунтових гербіцидів за один прохід успішно застосовується агрегат АРВ-8,1-01 виробництва УкрНДІСГОМ (м. Харків) та ІБКіЦБ, що агрегатується з тракторами класу 20–30 кН (Т-150, ДТ-75М, ХТЗ-121, ХТЗ-16031) та має ширину робочого захвату 8,1 м, робочу швидкість — 9–12 км/год (рис. 2.2). Крім набору послідовно усталиваних робочих органів пасивного типу для розпушування і вирівнювання поверхневого шару ґрунту (шлейфи — здвосні лапи-бритви — пружинні зуби — пруткові ротори) до складу агрегату може

входити пристрій для одночасного внесення гербіцидів, який монтується на брусі рами.

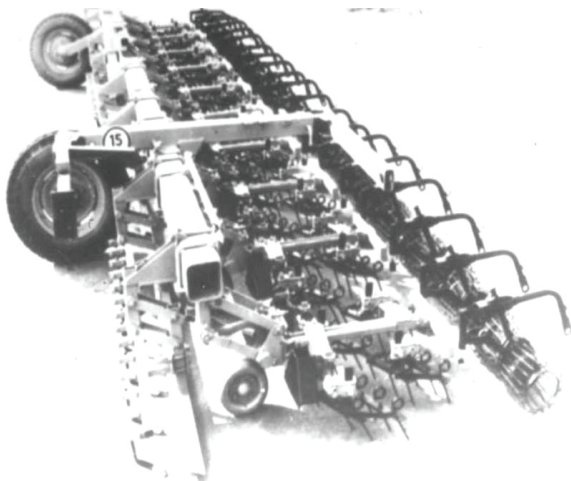


Рис. 2.2. Агрегат АРВ-8,1-01 для розпушення і вирівнювання поверхневого шару ґрунту

При використанні агрегату АРВ-8,1-0,1 досягається висока продуктивність (6,1 га за 1 год. змінного часу) та якість передпосівного обробітку ґрунту, чим забезпечується хороше розпушування ґрунту на задану глибину заробки насіння без перемішування шарів. Тип — начіпний; маса — 1900 кг.

2.2. Особливості проведення передпосівного обробітку ґрунту, дослідження вітчизняних і зарубіжних машин

Передпосівний обробіток ґрунту призначений для розпушення поверхневого шару до дрібно-грудочкуватого стану на глибину заробки насіння, створення вирівняного насінневого ложа та сприятливих умов для проростання насіння, знищення паростків і сходів бур'янів. Водночас передпосівний обробіток ґрунту є складовою частиною єдиного технологічного процесу — сівби цукрових буряків, і здійснювати його належить без розриву в часі: перший процес випереджає сівбу на два-три проходи посівного агрегату.

Відповідно до Держстандарту [103] глибина розпушеного прошарку, залежно від вологості ґрунту, має бути від 2,5 до 4 см на всій ширині захвату знаряддя й не повинна відхилятися від заданої; ґрунтових агрегатів (грудочок) розміром від 1 до 10 мм має бути не менше 90 % від загальної кількості, розміром 20 мм — до 10 %; щільність складання на суху масу в обробленому шарі — до 1,2 г/см²; висота гребенів чи глибина впадин ґрунту не повинна перевищувати 2±0,5 см; непідрізаних бур'янів має бути не більше 2 %; ширина перекриття попереднього проходу культиватора має бути від 15 до 20 см.

Дотримання рівномірності глибини обробки ґрунту сприяє утворенню твердого насінневого ложа, а мілкість фракцій грудочок обробленого поверхневого шару скиби забезпечить якісне загортання насінин, що разом приводить до підвищення польової схожості насіння та одночасності появи сходів.

Для досягнення високих показників роботи нині використовуються сучасні комбіновані ґрунтообробні агрегати, які дають можливість підготувати ґрунт для сівби за один-два проходи. Передпосівний обробіток за допомогою західноєвропейських машин «Європак 6000» (рис. 2.3), «Уніат» (рис. 2.4), «Турбокомбінатор Л» (рис. 2.5), «Компактор», «Комбінатор ЛК- 4» та інші запобігає переущільненню ґрунту, що спричинюється багаторазовими проходами одноопераційних агрегатів, адже за один прохід виконуються понад чотири операції: вирівнювання, подрібнення грудочок, розпушення, ущільнення насінневого ложа. Це є передумовою високоякісної сівби.



Рис. 2.3. Агрегат для передпосівного обробітку ґрунту «Європак»



Рис. 2.4. Ґрунтообробний агрегат «Уніат»



Рис. 2.5. Агрегат для суцільного обробітку ґрунту «Турбокомбінатор Л»

Робочі органи приведених комбінованих ґрунтообробних агрегатів, схеми яких зображені на рис. 2.6, комплектуються і кріпляться на грядилях рами машини в тій чи іншій послідовності в залежності від вологості і твердості ґрунту, але головним рихлячим органом є здавна відома стрільчаста лапа, хоча виконання процесу рихлення ґрунту пасивними стрільчастими лапами пов'язане з підвищеними енерговитратами, особливо при роботі на твердих чи перезвожених ґрунтах [30, 62, 78, 96, 134].

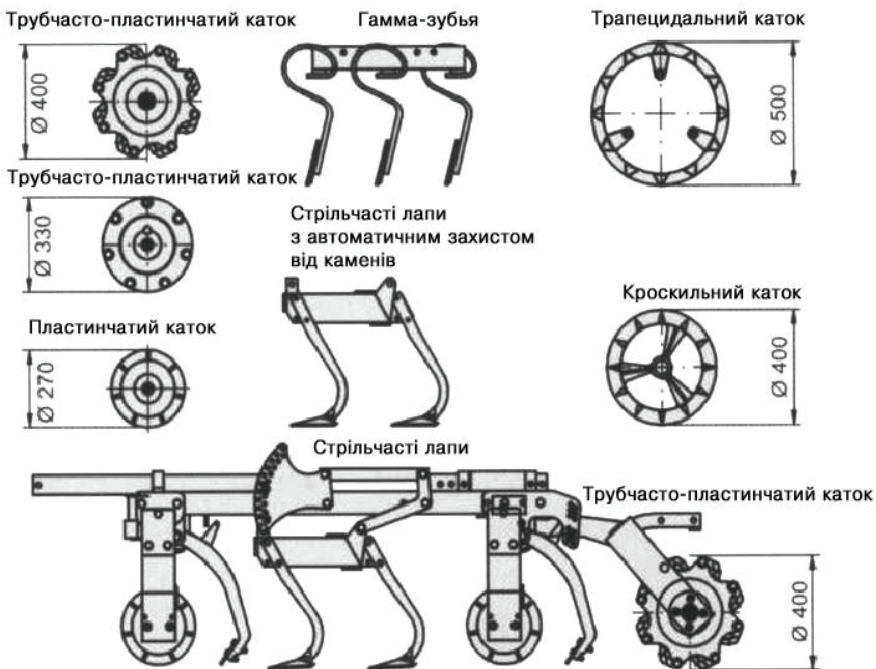


Рис. 2.6. Схеми робочих органів комбінованих ґрунтообробних агрегатів і їх компоновка на грядилях рами

Аналогом закордонних є вітчизняний комбінований агрегат «УкраїнаАПБ-6» (Шепетівський завод культиваторів) призначений для одночасного виконання операцій ранньовесняного і передпосівного обробітку. За один його прохід розпушується і вирівнюється поверхня поля, подрібнюється і ущільнюється шар ґрунту легкими і важкими вальцями, додатково подрібнюється і вирівнює поверхневий прошарок ґрунту за допомогою пружинних борін, спеціальними робочими органами лапчастого типу розпушуються сліди тракторної колії.

Для проведення передпосівного обробітку широко використовується ефективний одноопераційний агрегат АРВ-8,1-0,2 (УкрНДІСГОМ–ІБКіЦБ), який комплектується здвоєними лапами-бритвами, прутковими барабанами-роторами і шлейфами (рис. 2.7), або іншими робочими органами в залежності від стану ґрунту. Дослідженнями на УкрНДПВТ встановлено, що проведення обробітку ґрунту перед посівом агрегатами типу АРВ-8,1-0,2 забезпечує підвищення урожайності на 2,2–6,1 т/га [122].

ІБКіЦБ разом з УкрНДПВТ ще наприкінці 90-х років провели низку порівняльних досліджень показників якості виконання технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту різними технічними засобами: культиватором УСМК-5,4Б (ВАТ «Уманьферммаш»), комбінованими агрегатами АРВ-8,1-01/02/, Компактором «К-600А» (Німеччина), визначивши при цьому і обсяги енерговитрат. При агрегуванні машин використовували трактори МТЗ-80, Т-150К і новий орно-просапний ХТЗ-121 [121].

Результати випробувань, проведених згідно з ГОСТ 70-42-80 та методичними вимогами, що включали визначення показників польової схожості насіння, наведені у табл. 2.1. Сівбу цукрових буряків проводили пневматичною сівалкою Мультикорн (Німеччина).

Найвищу польову схожість насіння одержали в разі проведення передпосівного обробітку ґрунту Компактором в агрегаті з трактором Т-150 завдяки досягненню належної рівномірності глибини розпушування ґрунту та його подрібненню. Проте за продуктивністю (гектарів за 1 год. змінного часу) цей агрегат був на рівні МТЗ-80+УСМК-5,4Б і суттєво поступався одноопераційним агрегатам, особливо з трактором ХТЗ-121. Що ж до витрат пального, то вони суттєво зростали. Енергонасиченість і матеріалоемкість процесу зростали ще більші, бо при ширині захвату 6,0 м маса машини становить 3720 кг, а агрегата в цілому — 11,5 т.

Вітчизняний комбінований агрегат, що складається з двох культиваторів — АРВ-8,1-01 (для вирівнювання поверхні поля) і АРВ-0,1-02 (для передпосівного обробітку), навішених на передню і задню навісні системи просапного трактора ХТЗ-121, теж матеріалоемкий.

При однаковій робочій швидкості вітчизняного агрегату з Компактором (7,5 км/год) продуктивність його роботи більша на 2,2 га/год. (за рахунок збільшення ширини захвату), а витрати пального менші на 1,7 кг/га. Проте через погіршення рівномірності глибини розпушаного шару і якості розпушування польова схожість насіння знижується.

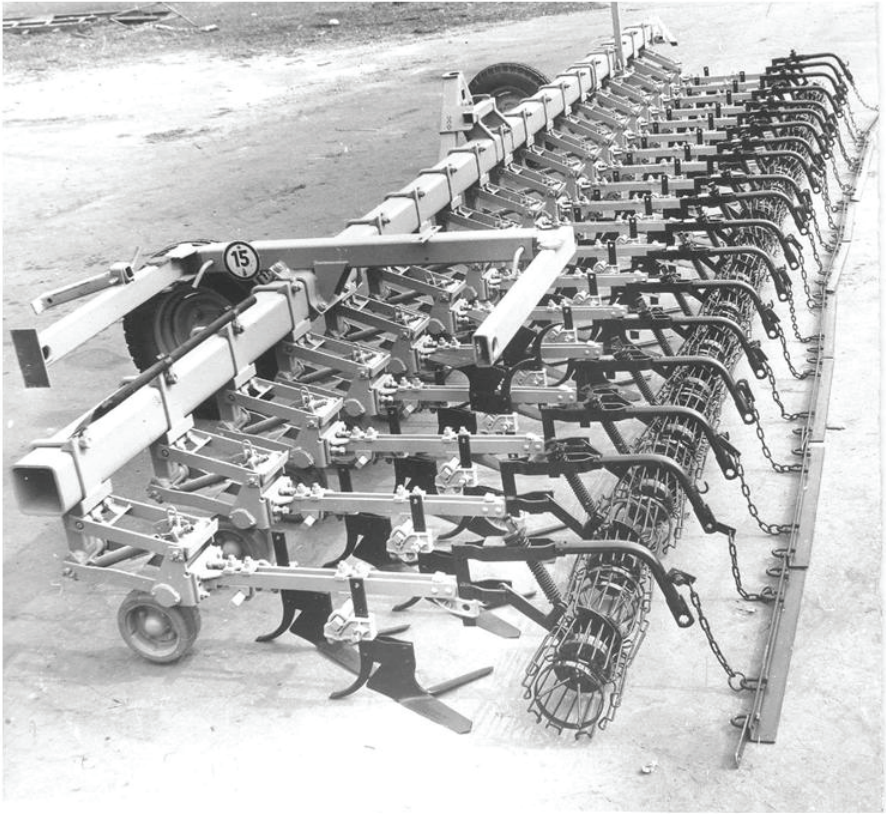


Рис. 2.6. Агрегат АРВ-8,1-02 для проведення передпосівного обробитку ґрунту

Найкращі техніко-економічні показники забезпечує агрегат ХТЗ-121+АРВ-8,1-02, хоча за польовою схожістю насіння він дещо (на 2 %) поступається Компактору. Витрати ж пального скорочуються вдвічі, а питома енергонасиченість процесу — втричі. Головною перевагою зазначеного агрегату на передпосівному обробитку ґрунту є підвищена продуктивність роботи — по 10 га/год, що вдвічі більше порівняно з Компактором чи культиватором УСМК-5,4Б. Саме завдяки цьому забезпечується проведення посівних робіт у стислі строки.

**Результати випробувань, проведених згідно ГОСТ 70-42-80 та
методичних вимог**

Показники	Склад агрегату					
	комбінованого		одноопераційного			
	ХТЗ-121+ АРВ-8,1- 01+АРВ- 8,102	Т150К+ Ком- пактор	ХТЗ- 121+ АРВ-8,1- 01	ХТЗ-121+ АРВ-8,1-02	Т-150К+ АРВ-8,1-02	МТЗ-80+ УСМК- 5,4Б і В(Г.М)ПІ
Оцінка за агротехнічними показниками						
Середня глибина обробітку, см	4,4	4,5	4,5	6,2	6,5	5,6
Відхилення середньої глибини обробітку, ±см	1,0	0,6	0,9	1,0	1,5	1,2
Подрібнення спущеного шару ґрунту до 25мм, %	90,7	98,5	91,1	96,2	96,8	87,5
Гребнистість поверхні поля, см	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0	3,3
Польова схожість насіння, % (сорт Гала, сівалка Мультикорн)	62,8	66,7	60,4	64,8	62,0	57,9
Оцінка за показниками ресурсовитрат						
Маса агрегату (машини), кг	2050 (3750)	11520 (3720)	10150 (1850)	10200 (1900)	9700 (1900)	4150 (990)
Потужність двигуна, квт	88	121	88	88	121	55
Витрати пального, кг/га	3,2	4,9	2,6	2,4	4,7	3,5
Ширина захвату, м	9,0	6,0	9,0	8,6	8,6	5,4
Робоча швидкість, км/год.	7,5	7,5	11,0	11,6	8,0	8,0
Продуктивність за 1 год змінного часу, га	6,7	4,5	9,9	10,0	6,9	4,3
Питома матеріало-емкість, кг-год/га	1798 (560)	2560 (825)	1025 (187)	1020 (190)	1405 (275)	965 (230)
Питома енерго-насиченість, квт-год/га	13,1	26,9	8,9	8,8	17,5	12,8

Навіть не посилаючись на ціну Компактора, яка у разі перевищує ціну вітчизняних культиваторів, а керуючись лише результатами агротехнічної і техніко-економічної оцінки, можна зробити висновок про доцільність використання для передпосівного обробітку ґрунту агрегата у складі ХТЗ-121+АРВ-8,1-02.

2.2.1. Удосконалення робочої поверхні ґрунтообробного знаряддя

Поверхні робочих органів відомих ротаційних знарядь для розпушування поверхневого шару ґрунту як західноєвропейського (фірми LEMKEN, ROPA — Німеччина; WADERSTAG — Швейцарія та ін.) так і українського виробництва виконані у формі загострених зубців голчастого чи долотоподібного типу, що закріплені на маточинах змонтованих у батареї дисків. Широко розповсюдженими лишаються донині також пасивні клиноподібні лапи різних марок культиваторів (УСМК — 5,4Б, КОЗР — 8,1 та ін.) для рихлення ґрунту, які характеризуються підвищеними енерговитратами, що зазначалось вище.

Спільним для форм робочих поверхонь приведених ґрунтообробних знарядь є подібність до клина, який утворений двома, трьома чи більшою кількістю граней (наприклад — пірамідою), або кривою поверхнею, отриманою в результаті руху твірної (наприклад — овала) змінної форми вздовж напрямної (наприклад — циклоїди), як у роботі [155] , або комбінуванням гранних і кривих поверхонь. Тому у поперечному перерізі зубців переважно маємо: прямокутник/квадрат/ (а); коло (б) чи еліпс (в) (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Існуючі форми поперечного перерізу голчастих зубців ґрунтообробного знаряддя

Серед наведених схем гранні поверхні мають перевагу перед криволінійними, адже їх ребра розрізають моноліт скиби, що полегшує проникнення РО у ґрунт і сприяє його подальшому кришенню боковими гранями зубців.

З іншого боку, як показують результати попередніх досліджень, енергозберігаючий напружено-деформований стан ґрунту досягається деформаторами достатньо малої площі по відношенню до глибини обробітку, тобто зубчастими, проникнення яких у ґрунт носить характер ударного процесу.

На основі проведених досліджень був розроблений новий РО ґрунтообробного знаряддя (диск) [110], який відрізняється тим, що поперечний переріз кожного з зубців диска виконаний у вигляді рівнобічної трапеції EFKN, а радіальний — прямокутного трикутника ABC, довший катет AC якого розташований перпендикулярно до осі маточини і перетинається під прямим кутом з довшою основою трапеції KN (рис. 2.9).

Зуб запропонованої конструкції, перекочуючись у ґрунті, розтягує оброблювану скибу у повздовжньому напрямку і одночасно стискає у поперечному, створюючи при цьому такий напружено — деформований стан ґрунту, при якому відповідно до теорії Кулона-Мора про баланс стискаючих і розтягуючих деформацій забезпечується підвищення технологічних показників кришіння ґрунтового моноліту і зниження енерговитрат, особливо при роботі на твердих чи мерзлих ґрунтах.

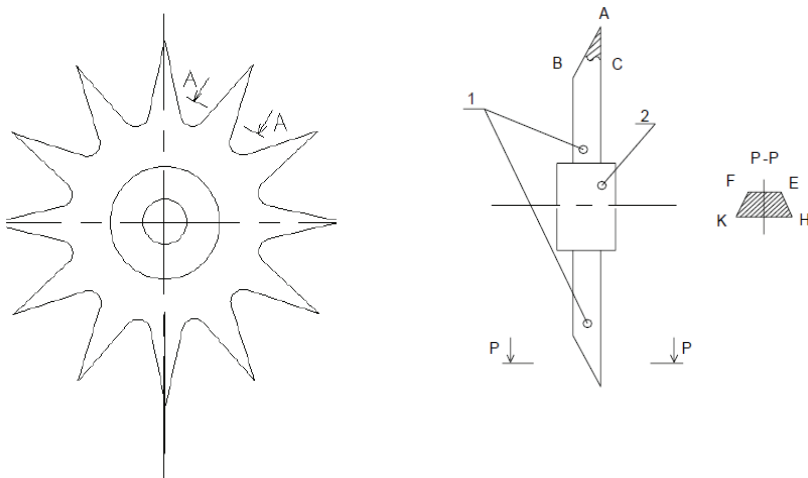


Рис. 2.9. Диск ґрунтообробного знаряддя: 1 — зубці; 2 — маточина

2.2.2. Моделювання процесу рихлення ґрунту

Сутністю процесу подрібнення (кришіння) ґрунту є руйнування зв'язків між його частинами (агрегатами) в результаті дії на них поверхонь РО з подальшим відділенням ґрунтових частинок одна від одної (розпушуванням). З поглядів класичної механіки кришіння ґрунту — це процес перетворення маси M проби деякого об'єму скиби ґрунту:

$$V = abv, \quad (2.1)$$

де: a — глибина обробітку, м; b — ширина захвату знаряддя, м; v — відстань у м, яку проходить машина за одиницю часу, у грудочки, близькі за формою, наприклад, до кулі чи куба.

Відповідно до гіпотези Ріттинґера робота, яка витрачається на руйнування твердого тіла, пропорціональна поверхні утворених із нього часточок, тобто сумарна поверхня грудочок, утворених проходом ґрунтообробної машини за одиницю часу, буде дорівнювати

$$s = abv \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{d_i} \quad (2.2)$$

де: n — кількість фракцій; P_i — частка відповідної фракції, %; d_i — середньозважене значення розміру грудочки фракції.

Узагальнений закон Ребіндера для визначення роботи при кришінні ґрунту має вигляд:

$$A = \kappa_s S + \kappa_v V \quad (2.3)$$

де: κ_s — питома поверхнева енергія; κ_v — коефіцієнт пропорційності, який залежить від твердості ґрунту, рівний за величиною об'ємній роботі деформації.

Формула роботи, яка витрачається на кришіння заданого об'єму ґрунту, після підстановки у (2.3) виразів (2.1) і (2.2) та виконання відповідних перетворень матиме вигляд:

$$A = \frac{\pi d_{\text{гр}}^2}{4E} \sigma^2 \ln \xi \quad (2.4)$$

де: $\xi = \frac{d_n}{d_{\text{сп}}}$ — ступінь кришіння ґрунту; d_n — початковий діаметр грудочки;

$d_{\text{сп}}$ — середній діаметр грудочки після розпушування; σ — напруження (тимчасовий опір) ґрунту при стисканні, г/см²; E — модуль пружності, МПа.

Отже, робота на подрібнення ґрунту збільшується із збільшенням ступеня його кришіння та тимчасового опору при стисканні.

2.3. Висновки по розділу

Ранньовесняний і передпосівний обробіток ґрунту виконаний комбінованими агрегатами типу Європак чи «Україна-АПБ-6» сприяє високоякісній сівбі.

На передпосівному обробітку ґрунту кращі техніко-економічні показники забезпечує вітчизняний агрегат ХТЗ-121+АРВ-8,1-02.

З метою зменшення енерговитрат на подрібнення поверхневого шару ґрунту робочу поверхню зубця диска ґрунтообробного знаряддя слід виконувати у формі гранної поверхні.

Розділ 3.

СІВБА — НАЙВАЖЛИВІШИЙ ЕТАП ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

При проведенні однієї з найвідповідальніших операцій вітчизняної індустриальної технології виробництва цукрових буряків — сівби, відповідно до агротехнічних вимог (табл. 3.1) насіння з високим рівнем одноростковості та лабораторної схожості має розміститись у заздалегідь підготовленому ґрунті певної структури, вологості і твердості, на заданій глибині посіву і з рівномірним (у межах заданого допуску) кроком вздовж рядка.

На високоокультурених полях за високоякісної підготовки ґрунту і достатнього забезпечення вологою глибина загортання насіння становить 2–3 см. Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше як на $\pm 0,5$ см. В умовах нестійкого і недостатнього зволоження її збільшують до 3–4 см. Негативно позначається на польовій схожості насіння збільшення глибини його заробки, що трапляється при запізненні з сівбою. Щоб насіння потрапило у вологий шар, його заробляють на глибину 4 і більше сантиметрів, але загортання на таку глибину призводить до зниження польової схожості, яка при цьому зменшується порівняно з оптимальною глибиною (2,5–3,5 см) на 6–11%, а врожайність — на 2,5–3 т/га [51]. Глибина загортання насіння зменшується також при збільшенні швидкості руху посівного агрегату вище рекомендованої (рис. 3.1), а рівномірність розподілу насіння по довжині рядка погіршується.

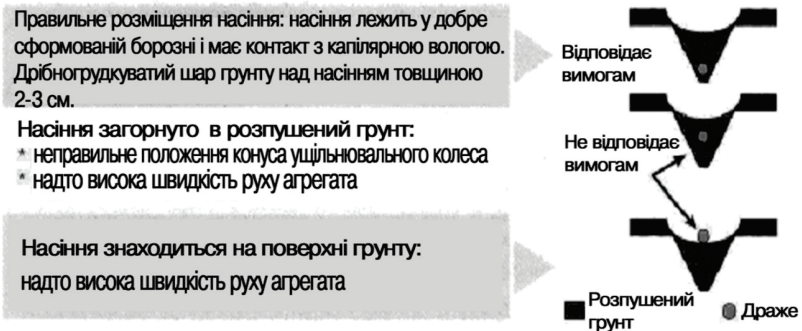


Рис. 3.1. Розташування насіння у ґрунті залежно від робочої швидкості сівалки

Агротехнічні вимоги до здійснення технологічного процесу сівби

Показники	Вимоги та допуски
Строк сівби	Починати сівбу буряків, коли середньодобова температура ґрунту на глибині 8–10 см досягає 5–6°C, слідом за передпосівним обробітком ґрунту та закінчувати її на одному полі за 1–1,5 робочих дні*
Глибина загортання насіння	В залежності від ґрунтових та погодних умов зон бурякосіяння насіння загортати на глибину 2–4 см. Відхилення середньої глибини загортання насіння від заданої не повинно перевищувати 0,5 см
Щільність насінневого ложа, г/см ²	1,2–1,3
Щільність ґрунту над насінням, г/см ²	1,0–1,2
Рівномірність розподілу насіння по довжині рядка	Кількість насінин, висіяних з відхиленням 20 % від заданого інтервалу по довжині рядка, не повинно перевищувати 40 %
Кількість насінин, що висіяні на 1 м рядка	Відхилення від заданої норми висіву насіння допускається не більше, ніж на 14 %
Ширина міжрядь	Ширина міжрядь всередині захвату сівалки повинна становити 45 см при відхиленні не більше, ніж на 1 см, а ширина стикових міжрядь - 50 см при відхиленні не більше, ніж на 5 см
Прямолінійність сівби	Відхилення осової лінії на відрізьку рядка завдовжки 50 м не повинно перевищувати 5 см
Наявність просівів У рядках	Не допускається
Вирівняність поверхні поля після сівби	Після проходу сівалки по осовій лінії рядків повинен утворитись ґрунтовий гребінь висотою до 5 см, а зліва та справа від нього — борозенки завглибшки до 3 см
Ширина поворотних смуг	Ширина поворотних смуг на кінцях гонів повинна бути рівною трьом – чотирьом захватам сівалки

*Запізнення з сівбою на один день, порівняно з оптимальним строком, зменшує урожайність коренеплідів на 5–7 ц/га, на 5–6 днів - на 25–40 ц/га.

Насіння не проростає при висіві в сухий і дуже розпушений шар ґрунту, тому що обов'язковою умовою високої польової схожості є щільний контакт насіння з вологим ґрунтом. Важливо висіяти насіння на ущільнене ложе з незруйнованою капілярною системою. За таких умов навіть у суху погоду забезпечується доступ ґрунтової вологи до насіння. Розпушений верхній шар ґрунту має бути не дуже товстим (2–4 см), щоб крізь нього легко надходив кисень з повітря і тепло [105, 136] (рис. 2.1). Польова схожість насіння при цьому досягає 80–90 % і більше. Зазначене має позитивний вплив як на рівень польової схожості насіння, так і на одночасність (дружність) сходів, що загалом підвищує стартовий розвиток рослин і, як наслідок, урожайність культури.

Дослідженнями науковців ІБКіЦБ починаючи з 80-тих років та Всеросійського НДІ цукрових буряків і цукру (сmt. Рамонь, Воронежська обл.) у нинішній час доведено, що одним із головних чинників підвищення урожайності є рівномірність висіву насіння по довжині рядка, адже при зниженні коефіцієнта варіації інтервалів між рослинами на 1 % підвищується урожайність буряків на 0,12–0,25 т/га і їх цукристість [108, 152].

3.1. Загальна характеристика механічних і пневматичних сівалок

Наприкінці існування СРСР і у 90-і роки цукрові буряки в Україні сіяли переважно сівалками механічного типу ССТ-12А і модернізованими ССТ-12Б та ССТ-12В (рис. 3.2) розробки Кіровоградського ПКІ і виробництва ВАТ «Червона зірка», (м. Кіровоград).



Рис. 3.2. Сівалка ССТ-12В з механічними висівними апаратами

Сівалка ССТ-12В забезпечує внесення гранульованих добрив одночасно з сівбою, а у комплексі з підживлювачем ПОМ-630-1 — полосове внесення у зону рядків рідких комплексних добрив чи інсектицидів. Застосування 18-рядкової сівалки ССТ-18В порівняно з 12-рядковою ССТ-12В дозволяє скоротити строки сівби. Саме завдяки цим перевагам УкрНДІСГОМ, Кіровоградський ПКІ та ІБКіЦБ розробили 18-рядну ССТ-18 і навіть 24-рядну ССТ-24 (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Сівалка ССТ-24 в агрегаті з трактором Т-90С

Останнім часом найпоширеніша вітчизняна бурякова сівалка з механічними висівними апаратами ССТ-12В активно витісняється сівалками пневматичного типу дії як західноєвропейського: «Мультикорн» фірми

«Франц Кляйне» (рис. 3.4); «Аеромат ПВ-12» — Беккер; «Моноаір-80» — Акорд; (Німеччина); «Пневмосем» — Ноде Гужи, (Франція) та ін., так і їх аналогами вітчизняного виробництва: СУ-12 — ПО «Оризон-прибор», (м. Сміла Черкаської області) (рис. 3.5); СПУ-5,6 — завод «Охтирсьільмаш», (м. Охтирка Сумської області) (рис. 3.6); СУПК-12 (рис. 3.7), УПС-12 (рис. 3.8) — ВАТ «Червона зірка», (м. Кіровоград). Остання експортується у десятки зарубіжних країн.

Із вітчизняних машин найбільше поширення у тому числі завдяки можливості внесення у рядки стартових доз мінеральних добрив одночасно з висівом насіння дістали: універсальна пневматична сівалка УПС-12, пневмомеханічна СУПК-12 і сівалка з механічним висівним апаратом ССТ-12В виробництва ВАТ «Червона зірка».

Високі технологічні можливості були закладені у конструкції пневматичних сівалок точного висіву цукрових буряків без внесення в рядки мінеральних добрив: СТВ-12 виробництва АТ Завод «Автоштамп» і СУ-12 «Оризон», які висівають звичайне, каліброване і дражоване насіння, але широкого застосування у виробництві вони не знайшли. З іноземних машин найбільше поширення дістали німецькі сівалки з пневматичними висівними апаратами «Мультикорн» та «Оптима», що їх застосовують у господарствах без внесення мінеральних добрив у рядки (табл. 3.2).



Рис. 3.4. Пневмосівалка «Мультикорн» в роботі



Рис. 3.5. Пневматична сівалка СУ-12 «Оризон»



Рис. 3.6. Пневматична сівалка СПУ-5,6



Рис. 3.7. Пневмомеханічна сівалка СУПК-12



Рис. 3.8. Вітчизняна пневмосівалка Веста 12 (УПС-12)

Таблиця 3.2.

Технічні характеристики сівалок

Показники	Марка сівалки				
	Мультикорн	СТВ-12	СУ-12	УПС-12	ССТ-12В
Агрегатуються з тракторами тягового класу, тс	1,4–2,0				
Ширина захвата, м	5,4				
Робоча швидкість, км/год	5,0–7,0	5,0–6,0	5,0–7,0	5,0–6,0	до 5,4
Маса, кг	1240	1400	1255	1630	1433
Сумарна місткість бункерів, дм ³ :					

для насіння для добрив	300 Від-сутні	264 Від-сутні	180 Від-сутні	204 280	192 280
Тип висівного апарата	Пневматичний із механічним приводом висівного диска				Механічний
Привод вентилятора пневмосистеми	Від ВВП трактора				Відсутній

Принцип дії висівної системи вітчизняних пневматичних сівалок полягає в тому, що аналогічно до західноєвропейських, висівний апарат, наприклад, сівалки УПС-12 [36], працює за принципом розрідження повітря, що створюється в його камерах вентилятором, який приводиться в обертання від вала відбору потужності трактора. Насіння, що знаходиться в зоні забірної камери висівного диска, проходячи через зону розрідження, присмоктується до його отворів. Обладнаний механізмом регулювання знімач, скидає зайві насінини, залишивши лише по одній на кожному отворі диска. За допомогою знімача кожна окрема насінинка з висівного диска передається в камерне колесо, зовнішній діаметр якого більший від діаметра диска з отворами, і переноситься в зону атмосферного тиску, де вона «вистрілюється» через отвір і падає у борозну, попередньо створену у ґрунті сошником. Колова швидкість камерного колеса узгоджена зі швидкістю руху агрегату так, щоб під час укладання насіння у вузьке клиноподібної форми насінневе ложе не виникало імпульсного його скочування і галопування дном ложа. Висівна система пневматичних сівалок надійно забезпечує поодинокі захоплення насінин, пунктирне їхнє вкладання на потрібному інтервалі, тобто оптимальну точність їхнього розміщення в рядку навіть за сівби на швидкості до 7 км/год. У разі присмоктування кількох насінин до одного отвору диска проводять регулювання кількості насінин на диску біля кожного отвору з допомогою спеціального знімача. Знімач підпружинений, його положення щодо висівного диска регулюється одним держаклом.

Роз'єднання насінин (якщо їх декілька присмоктувалося на отворі) можна добре контролювати через оглядове вікно на висівному диску. Ящик для насінневого матеріалу має розвантажувальну кришку, через яку в разі потреби він очищується від насіння. Об'єм ящика з насінневим матеріалом на кожний рядок становить 20–30 л. Рештки насіння висипаються в пластмасову кришку, яка знімається з ящика. Сівалки мають по два опорно-привідних колеса і по дві коробки зміни передач («гітари») для зміни колдової швидкості камерного колеса і диска. Кожне з опорних коліс через коробку зміни передач обертає камерні колеса і диски висівних апаратів, які укладають

насіння в борозну рядка на заданий інтервал (від 7 до 42 см) зі зміною кроку від 2 до 6 сантиметрів.

Кожна висівна секція сівалки закріплена на паралелограмній підвісці, яка з'єднана з копіювальним ущільнювальним котком. Завдяки створенню вузької смуги певної щільності, наральник сошника, маючи загострену нижню частину, активно входить у ґрунт тільки на встановлену глибину 3–4 см. Грудковідводи встановлюють на передній частині паралелограмної підвіски перед сошником. Глибину ходу їх у ґрунті встановлюють так, аби після висіву рядок із насінням, закритий зверху ґрунтом, не знаходився в жолобоподібному заглибленні. Сошник сівалки має кілеподібну форму, яка забезпечує утворення вузькоклиноподібної борозенки для вкладання та фіксування насіння на дні ущільненого ложа. Наральники сошника підлягають спеціальній термічній обробці (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Висівна секція сівалки УПС-12

Встановлений слідом за наральником ущільнювальний коток, загортає насіння на дні утвореного ложа. Котки розрізняються за типами: пальчасті котки, які виконують пунктирне ущільнення ґрунту і загортання насіння на дні утвореного ложа на важких ґрунтах, забезпечуючи найвищу польову схожість (рис. 3.10); комбінований зарівнювальний робочий орган, що складається з двох котків різного діаметра вузького профілю, між якими встановлено загортачі; конусний ущільнювальний коток, що може загортати насіння у створеному ложе як сам, так і в поєднанні з вузьким ущільнювальним котком (рис. 3.11).



Рис. 3.10. Сівалка УПС-12 в роботі

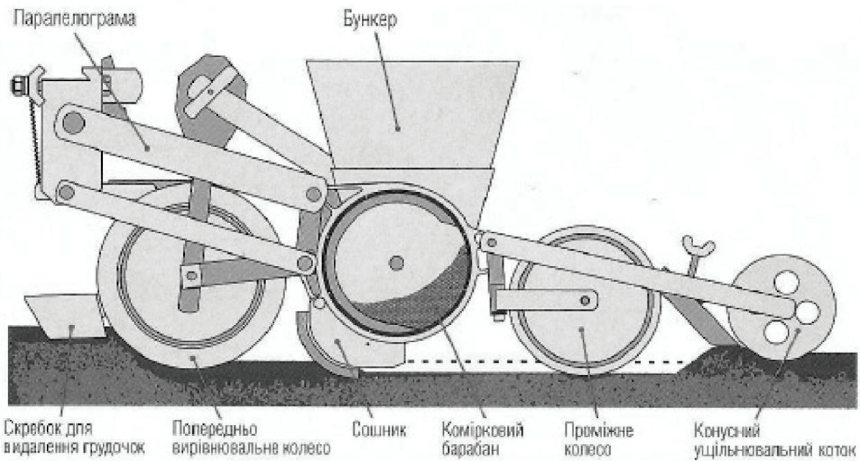


Рис. 3.11. Висівна секція сівалки точного висіву у розрізі

Зазначені вище особливості конструкції висівних апаратів пневматичних сівалок (коли клубочкам насіння надається вільне переміщення до укладання в насінне ложе) забезпечують суттєво вищу в порівнянні з сівалкою ССТ-12В із механічними висівними апаратами рівномірність розміщення насіння за довжиною рядка.

3.1.1. Будова посівної секції сівалки ССТ-12В

За конструктивним виконанням посівна секція має вигляд мінісівалки для однорядкового посіву і складається із декількох вузлів, підвузлів, кожен із яких виконує свою функцію, та багатьох оригінальних кріпильних виробів (рис. 3.12).

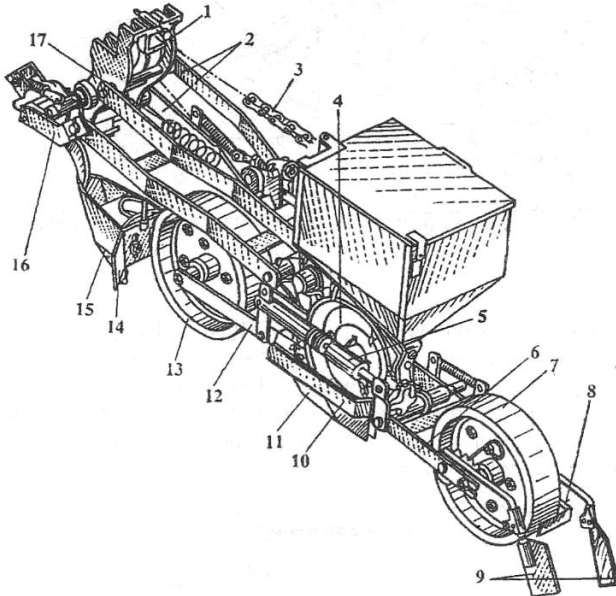


Рис. 3.12. Посівна секція сівалки ССТ-12В: 1- кронштейн кріплення до рами; 2 — поводки; 3 - ланцюгова передача; 4 — висівний апарат; 5 — регулювальник глибини сівби; 6 — рамка; 7 — задній прикочуючий коток; 8 — очищувач; 9 — загортачі; 10 — рамка висівного диска; 11 — сошник; 12 — рамка передня; 13 — коток передній; 14 — грудковідвід; 15 — туковий сошник; 16 — рамка підвіски; 17 — пружина

3.1.2. Розрахунок паралелограмної підвіски

На посівних секціях сучасних сівалок застосовуються удосконалені паралелограмні підвіски, виконані за схемою, що приведена на рис. 3.13.

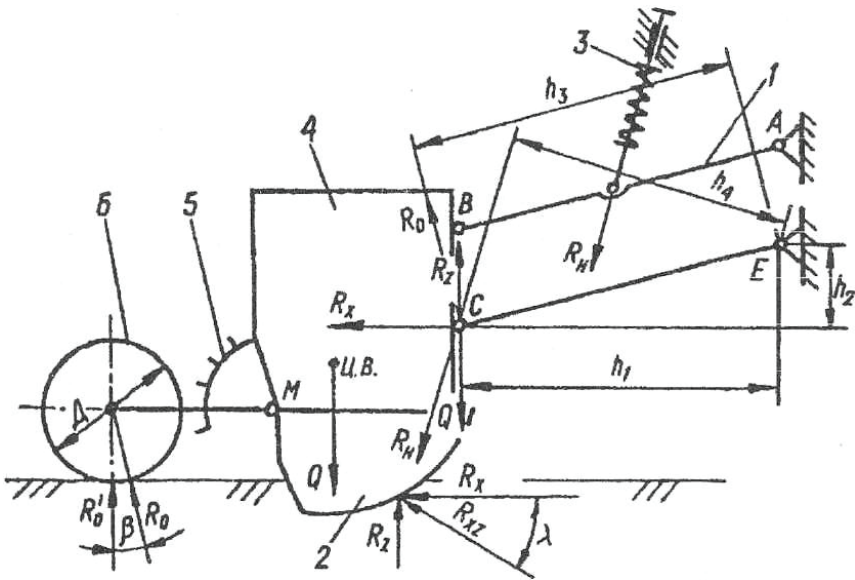


Рис. 3.13. Розрахункова схема паралелограмної підвіски посівної секції:

- 1 — паралелограмна підвіска; 2 — сошник; 3 — нажимна штанга з пружиною; 4 — висівна система; 5 — регулювальник глибини ходу сошника; 6 — прикочуючий коток

Рівновага сошника чи посівної секції з паралелограмною підвіскою забезпечується при умові, коли [140]:

$$Qh_1 + R_H h_4 = R_x h_2 + R_z h_1 + R_0 h_3, \quad (3.1)$$

де: Q — сила ваги секції (сошника) сівалки, Н; R_H — сила тиску пружини нажимної штанги, Н; R_{1x} — сила спротиву сошника (для полозоподібних сошників при глибині ходу 6–10 см. відповідно дорівнює 300–500 Н); $R_z = R_x \operatorname{tg} \lambda$ — вертикальна реакція ґрунту, яка діє на сошник, Н, $\lambda = 30^\circ$; R_0 — реакція ґрунту, яка діє на прикочуючий коток, Н; $R_0 = \frac{R'_0}{\cos \beta}$, $\beta = 8-11^\circ$.

Вертикальна реакцію тиску ґрунту на коток визначається із умови утворення колії:

$$R_0 = mbD, \quad (3.2)$$

де: $m = 0,15-0,35$ — ступінь колійоутворення. Для котків сівалок менші значення m приймають при меншій глибині сівби і на вологих ґрунтах; b — ширина обода котка, мм; D — діаметр прикочуючого котка, мм.

У разі необхідності зменшити глибину колії перед котком 6 устанавлюються загортачі, які формують шар ґрунту відповідної товщини.

Для вибору параметрів пружини нажимної штанги 3 визначають необхідний тиск її на повідки паралелограмної підвіски 1 за формулою:

$$R_H = K [R_0h_3 + R_xh_2 + (R_x - Q)h_1]/h_4 \quad (3.3)$$

де $K = 0,85-0,95$ — коефіцієнт, що враховує динамічні навантаження.

3.2. Аналіз показників якості виконання технологічного процесу

Основним показником, який визначає агротехнічний рівень сівалок точного висіву є коефіцієнт варіації величини інтервалів між висіяними насіннями за довжиною рядка, адже відомо, що підвищення рівномірності розміщення рослин на 1 % за коефіцієнтам варіації забезпечує збільшення врожайності коренеплодів цукрових буряків до 0,25 т/га [108]. Своєю чергою коефіцієнт варіації величини інтервалів залежить від конструкції сівалки, швидкості руху, норми висіву, виду насіння (дражоване чи інкрустоване). Зокрема попередніми багаторічними дослідженнями встановлено, що підвищення швидкості руху сівалок точного висіву понад 5,4 км/год призводить до погіршення якості виконання технологічного процесу [11].

Варто зазначити, що пневмосівалки СУ-12 і УПС-12 незначною мірою поступаються «еталонній» німецькій сівалці «Мультикорн» за коефіцієнтом варіації V інтервалів між сходами. Результати державних випробувань на УкрНДПВТ показали, що коефіцієнт V названих сівалок у середньому становив відповідно 48,6 %, 53,9 % і 41,9 % [39]. Суттєве ж зменшення коефіцієнта варіації ($V < 10\%$) потребує дослідження технологічного процесу сівби та пов'язане з удосконаленням посівного робочого органа.

Пневматичні сівалки зарубіжного і вітчизняного виробництва забезпечують вищу рівномірність розміщення рослин за довжиною рядка, ніж сівалка ССТ-12В із механічними висівними апаратами (табл. 3.3).

Переваги пневматичних сівалок істотніші за сівки дражованого насіння, але виявлені також і за інкрустованого насіння.

Таблиця 3.3.

Показники якості роботи сівалок у польових умовах

Показники	Марки сівалок та їх виробники																	
	"Мультикорн" фірма Ф. Кляйне, Німеччина						СУ-12 з-д "Оризон" м.Сміла, Україна						ССТ-12В з-д "Червона зірка" м.Кіровоград, Україна					
Робоча швидкість, м./с	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0
Норма висіву розрахункова, шт./пог.м	8-10			12-14			8-10			12-14			8-10			12-14		
Середній інтервал між рослинами, см	13,7	12,4	15,3	9,4	10,9	10,4	12,4	12,8	13,5	9,4	10,6	11,2	10,7	13,3	13,5	11,5	10,7	10,2
Коефіцієнт варіації, %	46,9	49,8	59,4	47,5	54,2	64,2	48,5	52,2	67,1	49,0	53,6	64,7	79,6	79,9	84,6	84,3	86,7	94,4
	36,6	45,7	49,8	38,3	37,2	59,3	42,4	47,8	48,2	43,5	49,4	50,8	65,9	67,9	73,4	81,3	86,9	89,4
Тип висівного апарату	Пневматичний з механічним приводом висівного диска												Механічний					

ПРИМІТКА. У чисельнику наведено дані з використанням інкрустованого насіння фракції 4,5–5,5 мм, у знаменнику — дражованого такої ж фракції.

Значення коефіцієнта варіації сівалки «Мультикорн» при висіві дражованого насіння нормою 8–10 шт./пог.м, становило 36,6–47,1 %: СУ-12 — 47,8–49,4 %, СТВ-12 — 49,7–54,6 %, УПС-12 — 46,0–61,7%, ССТ12Вт — 65,0–70,8 %, а при порівнянні цих сівалок за усередненим коефіцієнтом варіації одержано таку послідовність: «Мультикорн» — 41,9%, СУ-12 — 48,6%, СТВ-12 — 52,1%, УПС-12 — 53,9%, ССТ-12В — 67,9 % [39].

За сівки інкрустованим насінням найрівномірніше розміщення рослин також забезпечує сівалка «Мультикорн» (коефіцієнт варіації становить 48 %), а найменш рівномірне — сівалка ССТ-12В (коефіцієнт варіації — 70,6 %). Інші сівалки розмістились у такій послідовності: СУ-12 — 55,7%, СТВ-12 — 61,3 %, УПС-12 — 61,9 %.

Усереднений коефіцієнт варіації за пневматичними сівалками при сівбі дражованого насіння нормою 8–10 шт./пог.м становить 49,1 %, а за сівалкою ССТ-12В із механічними висівними апаратами — 67,9 %, за сівбі інкрустованим насінням, відповідно, 56,7 % і 70,6 %.

Результати дисперсійного аналізу, проведеного за методикою [138] свідчать про істотність переваг пневматичних сівалок перед сівалкою ССТ-12В за показником рівномірності розміщення рослин.

Статистичною обробкою отриманих даних встановлено, що залежності коефіцієнта варіації розміщення насіння V у % від швидкості руху сівалки Y (1,0–2,0м/с), норми висіву N (6–16шт./пог.м) описуються наступними регресійними моделями:

$$V = a_0 + a_1 Y + a_2 YN + a_3 / Y, \quad (3.4)$$

$$\text{або: } V = 41,8289Y + 0,8942YN + 63,8701/Y - 92,5412, \% \quad (3.5)$$

для дражованого насіння фракції 3,5–4,5 мм;

$$V = 41,6904Y + 0,9039YN + 63,4569/Y - 94,10, \% \quad (3.6)$$

для дражованого насіння фракції 4,5–5,5мм;

$$V = 41,2087Y + 0,9151YN + 63,0295/Y - 87,1752, \% \quad (3.7)$$

для інкрустованого насіння фракції 3,5–4,5мм;

$$V = 41,3086Y + 0,9035YN + 63,0412/Y - 88,3088, \% \quad (3.8)$$

для інкрустованого насіння фракції 4,5–5,5мм.

3.3. Моделювання траєкторії польоту насінини при сівбі висівним апаратом пневматичного типу

При розробці дискретної аналітичної моделі зроблені умовні пропущення. Насінина, яка приймається за матеріальну точку масою m , відокремившись від диска, який обертається проти напрямку руху посівного агрегата (в площині рисунка — за напрямом обертання стрілки годинника) з постійною кутовою швидкістю, летить у повітрі по деякій кривій (рис. 3.11). При цьому увесь посівний агрегат здійснює рівномірний поступальний рух вздовж осі X [57].

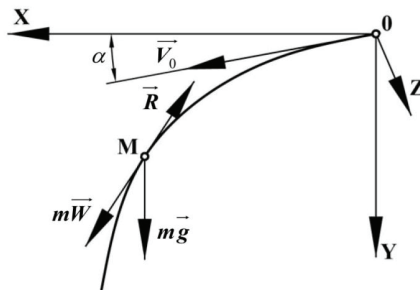


Рис. 3.11. Траєкторія насінини при її падінні до насінневого ложа

Визначимо закон руху та рівняння траєкторії точки m з початковою швидкістю \vec{V}_0 , напрямленою під кутом α до горизонту. Приймемо, що сила спротиву руху пропорційна швидкості точки \vec{V} :

$$\vec{R} = \mu m \vec{V}, \quad (3.9)$$

де μ — коефіцієнт, який при $\vec{V} = \text{const}$ обернено пропорційний масі m .

Вводимо систему координат Oxy , початок відліку якої збігається з початковим положенням точки [12]. Початкові умови: $t = 0$, $x_0 = 0$, $y_0 = 0$, $\dot{x}_0 = V_0 \cos \alpha$, $\dot{y}_0 = V_0 \sin \alpha$. У поточному положенні M на точку діють сила ваги $m\vec{g}$ та сила спротиву \vec{R} , напрямлена протилежно до напрямку руху (вектора швидкості). Виходячи з основного рівняння динаміки і закону незалежності дії сил, можна записати:

$$m\vec{W} = m\vec{g} + \vec{R}. \quad (3.10)$$

Визначимо проєкції векторного рівняння (3.10) на осі координат:

$$mW_x = -\mu m V_x, \quad mW_y = mg - \mu m V_y.$$

Враховуючи, що $W_x = \ddot{x}$, $W_y = \ddot{y}$, а $V_x = \dot{x}$ та $V_y = \dot{y}$, і скоротивши вирази на m , отримуємо систему двох рівнянь:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -\mu \dot{x} \\ \ddot{y} = g - \mu \dot{y} \end{cases} \quad (3.11)$$

Для інтегрування першого рівняння системи (3.11) замінімо \ddot{x} на $\frac{d\dot{x}}{dt}$ і поділимо змінні: $\frac{d\dot{x}}{\dot{x}} = -\mu dt$. Перший інтеграл матиме вигляд:

$$\ln \dot{x} = -\mu t + C_1 \quad (3.12)$$

Підставивши у (3.12) відповідні початкові умови ($t = 0$, $\dot{x}_0 = V_0 \cos \alpha$), отримуємо: $C_1 = \ln V_0 \cos \alpha$. Внесемо значення C_1 в рівняння (3.12):

$$\ln \dot{x} = -\mu t + \ln V_0 \cos \alpha,$$

або ж $\ln \frac{\dot{x}}{V_0 \cos \alpha} = -\mu t$. Звідкіля отримуємо

$$\dot{x} = V_0 e^{-\mu t} \cos \alpha. \quad (3.13)$$

Замінивши у рівнянні (3.13) \dot{x} на $\frac{dx}{dt}$ та поділивши змінні, після інтегрування знаходимо другий інтеграл першого рівняння системи (3.8):

$$x = -\frac{V_0}{\mu} e^{-\mu t} \cos \alpha + C_2 \quad (3.14)$$

Підставивши початкові умови ($t = 0$, $x = 0$), одержимо:
 $C_2 = -\frac{V_0}{\mu} e^{-\mu t} \cos \alpha$.

Затим, скориставшись цим значенням, одержимо з (3.14) рівняння траєкторії руху точки у проекції на вісь x :

$$x = \frac{V_0}{\mu} (1 - e^{-\mu t}) \cos \alpha \quad (3.15)$$

Для інтегрування другого рівняння системи (3.11) заміномо у ньому \dot{y} на $\frac{dy}{dt}$ і поділимо змінні: $\frac{dy}{-g + \mu y} = -dt$

Перший інтеграл одержаного диференційного рівняння має вигляд:

$$\ln(-g + \mu y) = -\mu t + C_3. \quad (3.16)$$

Підставивши у (3.15) початкові умови — $t = 0$, $y_0 = V_0 \sin \alpha$, — одержимо: $C_3 = \ln(-g + \mu V_0 \sin \alpha)$. Внісши це значення у (3.16), отримуємо:

$$\ln \frac{g - \mu y}{g - \mu V_0 \sin \alpha} = -\mu t. \quad (3.17)$$

$$\text{Звідкіля } \frac{g - \mu y}{g - \mu V_0 \sin \alpha} = e^{-\mu t}. \quad (3.18)$$

Розв'язавши рівняння (3.18) відносно y , отримуємо:

$$y = -\frac{1}{\mu} (g - \mu V_0 \sin \alpha) e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu}. \quad (3.19)$$

Замінивши у рівнянні (3.19) \dot{y} на $\frac{dy}{dt}$ та поділивши змінні, проінтегруємо його:

$$y = -\frac{1}{\mu^2}(g - \mu V_0 \sin \alpha)e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu}t + C_4. \quad (3.20)$$

Підставивши у (3.20) початкові умови ($t = 0$, $y = 0$), одержимо: $C_4 = \frac{1}{\mu^2}(g - \mu V_0 \sin \alpha)$. У результаті одержимо рівняння траєкторії руху точки у проекції на вісь y :

$$y = -\frac{1}{\mu^2}(g - \mu V_0 \sin \alpha)(1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu}t. \quad (3.21)$$

Рівняння траєкторії руху точки в проекціях на осі x і y — залежності (3.15) та (3.18) — подані у параметричній формі, де t — параметр часу. Після виключення з цих рівнянь параметра t і проведення відповідних перетворень, шукане рівняння траєкторії руху точки (насінини) матиме вигляд:

$$y = \frac{1}{\mu} \frac{g - \mu V_0 \sin \alpha}{V_0 \cos \alpha} x + \frac{g}{\mu^2} \ln\left(1 - \frac{\mu}{V_0 \cos \alpha} x\right). \quad (3.22)$$

Якщо систему рівнянь (3.11) записати у вигляді

$$\begin{cases} \ddot{x} + \mu \dot{x} = 0 \\ \ddot{y} + \mu \dot{y} = g \end{cases} \quad (3.11)$$

то її можна розв'язувати як систему звичайних диференціальних рівнянь. Розв'язок першого рівняння системи (3.23) записується як загальний розв'язок однорідного диференціального рівняння у формі:

$$x = C_1 e^{-\mu t} + C_2, \quad (3.24)$$

де μ — один із коренів $b_1 = 0$ та $b_2 = -\mu$ характеристичного рівняння

$$b^2 + \mu b = 0. \quad (3.25)$$

Підставивши у (3.24) та у вираз похідної за часом, одержаний диференціюванням (3.24), початкові умови — $t = 0$, $x_0 = 0$, $\dot{x}_0 = V_0 \cos \alpha$, запишемо:

$$C_1 + C_2 = 0, \quad C_1 = -\frac{V_0}{\mu} \cos \alpha. \quad (3.26)$$

Звідки $C_1 = -C_2 = -\frac{V_0}{\mu} \cos \alpha$.

Тоді рівняння траєкторії руху точки за координатою x :

$$x = \frac{V_0}{\mu} (1 - e^{-\mu t}) \cos \alpha. \quad (3.27)$$

Розв'язок другого рівняння системи (3.23) подається як сума $y(t) = y_1 + y_2$, де подібно до (3.24) та (3.25)

$$y_1 = C_3 e^{-\mu t} + C_4. \quad (3.28)$$

Частинний розв'язок y_2 неоднорідного рівняння $\dot{y}_2 = A$, де $A = -\frac{g}{\mu} = \text{const}$, або $\frac{dy_2}{dx} = -\frac{g}{\mu}$ після ділення змінних та інтегрування виразу матиме вигляд:

$$y_2 = -\frac{g}{\mu} t + C. \quad (3.29)$$

Загальний (повний) розв'язок другого рівняння — як сума виразів (3.28) і (3.29) — має вигляд:

$$y = C_3 e^{-\mu t} - \frac{g}{\mu} t + C_5, \quad \text{де } C_5 = C_4 + C. \quad (3.30)$$

У результаті підстановки початкових умов ($t = 0$, $y_0 = 0$, $\dot{y}_0 = V_0 \sin \alpha$) у (3.30) та у вираз першої похідної від y , одержимо систему алгебраїчних рівнянь для визначення сталих інтегрування:

$$\begin{cases} C_3 + C_5 = 0 \\ \mu C_3 = -V_0 \sin \alpha - \frac{g}{\mu} \end{cases} \quad (3.31)$$

Звідси $C_3 = -C_5 = -\frac{V_0}{\mu} \sin \alpha - \frac{g}{\mu^2}$. Тоді рівняння траєкторії руху точки за координатою y матиме такий вигляд:

$$y = \frac{1}{\mu^2} (g - \mu V_0 \sin \alpha) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t. \quad (3.32)$$

Підсумкове рівняння траєкторії руху точки (насінини) має вигляд:

$$y = \frac{1}{\mu} \frac{g - \mu V_0 \sin \alpha}{V_0 \cos \alpha} x + \frac{g}{\mu^2} \ln \left(1 - \frac{\mu}{V_0 \cos \alpha} x \right). \quad (3.33)$$

Легко бачити, що одержана залежність (3.33) повністю збігається з залежністю (3.22).

Висновки. Дальність польоту і траєкторія руху кожної окремої насінини, що падає відділившись від висівного диска при сівбі висівним апаратом пневматичного типу, залежить від її маси, початкової швидкості і початкового кута нахилу до горизонту. Зазначене визначає точність висіву — довжину інтервалів (відстань між насінинами у ґрунті) і дискретність. Одержане за двома способами (що підтверджує правильність викладок) рівняння траєкторії руху точки (насінини) дозволяє, з одного боку, оцінити якість сівби, а з другого — завчасно забезпечити якість сівби заданням потрібних параметрів процесу та відбором насіння.

3.3.1. Процес підготовки насіння до сівби

Для сучасних індустриальних технологій використовують насіння з лабораторною схожістю не менше ніж 92 %, а одноростковість має бути вище 95 %.

Процес підготовки до сівби насіння (сировини) є складним. В якості насіннєвого матеріалу цукрових буряків використовуються плоди, а 25–30 років тому використовувались і супліддя. Вони за морфологічною і анатомічною будовою істотно відрізняються від насіння інших

сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим підготовка насіння до посіву також має свої особливості. Для того, щоб посівний матеріал відповідав вимогам, що пред'являються до якості, його піддають спеціальній підготовці.

Мета попередньої обробки насіння - доведення до такого стану, який дозволив би виключити можливість зниження схожості в процесі зберігання і забезпечив найбільш ефективно проведення основної обробки. Попередня обробка насіння включає грубу очистку на повітряно-решітних машинах, сушку на сушарках, основну очистку і попереднє сортування на повітряних решетах, тріерах і пневматичних сортувальних столах.

Завданням основної обробки насіння є максимальне підвищення схожості і одноростковості насіння, надання насінинам стабільних заданих розмірів. Основна передпосівна підготовка насіння передбачає калібрування, шліфування, інкрустацію, а також дражування насіння.

Калібрування насіння — поділ на фракції за розмірами. У зв'язку з тим, що диски висівних апаратів сівалок всіх модифікацій мають стандартний розмір отворів, на насінневих заводах виділяють дві посівні фракції насіння - діаметром 3,5–4,5 і 4,5–5,5 мм.

Шліфування насіння - часткове видалення найбільш пухкої, шорсткої частини околоплодника з метою надання насінинам кулястої форми для поліпшення сипучості завдяки підвищенню округлості і гладкій поверхні. Маса шліфованих насіння зменшується на 5–25 %, а насипна їх маса підвищується на 30–50 % [56]. Таке насіння краще заповнює отвори висіваючих дисків, що сприяє рівномірнішому розподілу насіння по довжині ряду за рахунок зменшення просівів. При шліфуванні видалається близько 15 % околоплодника.

Якщо шліфоване насіння за посівними якостями відповідає установленим вимогам [98], його направляють на обробку захисними та стимулюючими речовинами та на подальше дражування, а якщо не відповідає — на повторну обробку.

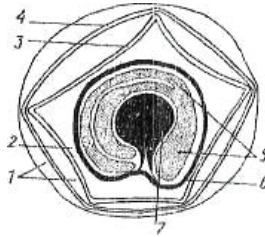


Рис. 3.12. Розріз дражованої насінини цукрових буряків:

- 1 — покриття з дражировочної маси; 2 — околуплодник; 3 — шар фунгіцидів;
4 — шар інсектицидів; 5 — зародок; 6 — насіннева оболонка; 7 — перисперм

Обробка насіння захисно-стимулюючими речовинами передбачає нанесення на поверхню насіння фунгіцидів, інсектицидів, ростових і поживних речовин з метою знезараження від збудників хвороб, шкідників та поліпшення якості сходів.

Дражування — це процес надання насінню кулястої форми шляхом нанесення на його поверхню додаткового покриття із певних речовин (рис. 3.12) і тому для дражування відбирається насіння з високою схожістю. Використання дражованого насіння сприяє рівномірності висіву, підвищує польову схожість (шляхом підбору відповідних компонентів дражировочної маси і додавання в неї стимулюючих речовин), створює навколо насіння захисну від хвороб і шкідників оболонку. Застосування дражованого насіння цукрових буряків дозволяє проводити посів на кінцеву густоту, скоротити до мінімуму або повністю виключити витрати ручної праці на догляді за посівами [63]. Проте, як показують результати досліджень, дані випробувань і досвід передових бурякосійних господарств, у посушливих умовах, або при низькій культурі землеробства, не варто використовувати дражоване насіння, а краще висівати інкрустоване («голе») насіння.

3.3.2. Розробка пристрою для сортування насінин за масою

Нині як звичайне інкрустоване, так і дражоване насіння затарюється на заводах і постачається до господарств не за масою, а за посівними одиницями. Одна посівна одиниця містить 100 000 насінин [55], отож при висіві на одному гектарі однієї посівної одиниці на 1 м² припадає 10 насінин, а на один метр довжини рядка — 4–5 насінин. Висівають 1,2–1,5 посівних одиниць, а інколи і більше.

Експериментами з визначення маси інкрустованого і дражованого насіння різних сортів шляхом його зважування при забезпеченні високого рівня репрезентативності встановлено, що середня маса, наприклад, дражованої насінини, сорту Матадор фракції 3,25–4,25мм складає 27,34мг. з відхиленнями в межах від 19,05 до 43,30мг, що становить 22% за коефіцієнтом варіації [113]. Внаслідок цього траєкторії польоту окремих насінин і відповідно інтервал між ними при висіві, наприклад, висівним апаратом вітчизняної пневмосівалки УПС-12 теж будуть різними, як показано вище у підрозділі 3.3, адже у початковому рівнянні (3.9) закону руху коефіцієнт μ при $\vec{V} = const$ є обернено пропорційний масі насінини m . З метою покращення коефіцієнта варіації розміщення насіння вздовж рядка, розроблений і запатентований пристрій [113] для підготовки насіння (матеріальних точок різної ваги), який надає можливість сортувати насінини за масою в межах однієї фракції з тим, щоб траєкторія їх польоту при виході із сошника була однаковою. Задача вдосконалення відомого аналога, який містить розташовані один за одним диск і сошник, вирішується тим, що слідом за сошником додатково встановлюється транспортер з вмонтованими ємностями, які фіксують насіння визначеної маси (рис. 3.13).

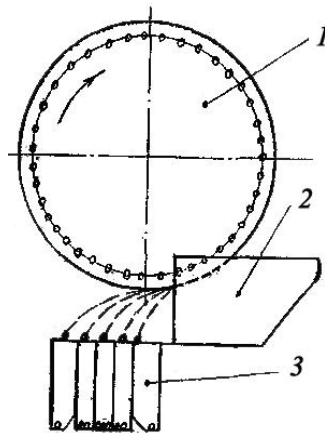


Рис. 3.13. Схема пристрою для сортування насіння за масою: 1 — диск висівний; 2 — сошник; 3 — секційний транспортер

Пристрій являє собою головну частину посівної сівалки з висівним диском 1, сошником 2 та транспортером 3 з вмонтованими ємностями для фіксації падаючого насіння. При обертанні диска 1 насіння по одному в кожному

отворі переміщується в зону сошника 2, після чого в залежності від своєї маси потрапляє в різні ємності транспортера 3, що рухається в напрямку осі обертання диска 1. Розділене таким чином насіння затарюється із кожної секції транспортера окремо і використовується для сівби.

3.4. Висновки по розділу

Сівба є одним з найвідповідальніших технологічних процесів при вирощуванні цукрових буряків, який забезпечує задану кількість сходів на площі посіву і їх рівномірність по довжині рядка, що в кінцевому рахунку визначає рівень урожайності.

Суттєву перевагу перед механічними сівалками (ССТ-12В) за показниками якості виконання сівби мають пневматичні сівалки вітчизняного (УПС-12, СУ-12) та зарубіжного («Мультикорн») виробництва.

Для покращення коефіцієнта розміщення висіяного в рядок насіння при його підготовці до посіву слід проводити калібрування не тільки по фракціях за розмірами, а й за масою.

Розділ 4.

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ І СІВБИ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЯК ДВОЄДИНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Базові засади моделювання складних технологічних процесів буряківництва

Поняття «система» широко використовується в науці і практиці для позначення об'єктів вивчення людини. У науково-технічній літературі, Інтернеті, засобах масової інформації об'єкти різної природи називаються відповідними видами систем – технічної, економічної, політичної, соціальної, операційної і т.д.

Для того щоб орієнтуватися у величезному різноманітті об'єктів, які визначаються як система, розроблені класифікації систем. Існує багато класифікацій, кожна з яких ґрунтується на певних класифікаційних ознаках: число елементів, характер і тип зв'язків, способи взаємодії з навколишнім середовищем і т.д. Досить всеохоплююча класифікація наводиться в роботах [9, 81, 124]. Відповідно до цієї класифікації системи поділяються на природні, які створені природою, і штучні, які створені людиною. Далі природні поділяються на живі і неживі, а штучні – на формальні і неформальні системи. Важливість цієї класифікації в тому, що в ній чітко виділяється формальна система, або інакше модель системи.

Виникнення формальної системи є результатом взаємодії дослідника з системою як частиною середовища згідно з поставленими цілями. Схема взаємодії показана на рис. 1 [81].

Дослідниками називають людей, які виходячи з поставлених цілей вивчають системи, створюють їх опис, пояснюють механізми взаємодії частин і передбачають поведінку системи в часі [81].

Цілі для дослідника формулює людина, що приймає рішення (ЛПР), яка вирішує завдання, пов'язані з управлінням, функціонуванням і розвитком системи. При цьому під розвитком розуміється постановка цілей і планування дій для досягнення цілей, а під функціонуванням – виконання дій, спрямованих на досягнення цілей.

Середовище або суперсистему (метасистему) для системи S утворює сукупність об'єктів, що взаємодіють з S.

У взаємодії «система–дослідник» виділяють дії спостереження і дослідження.

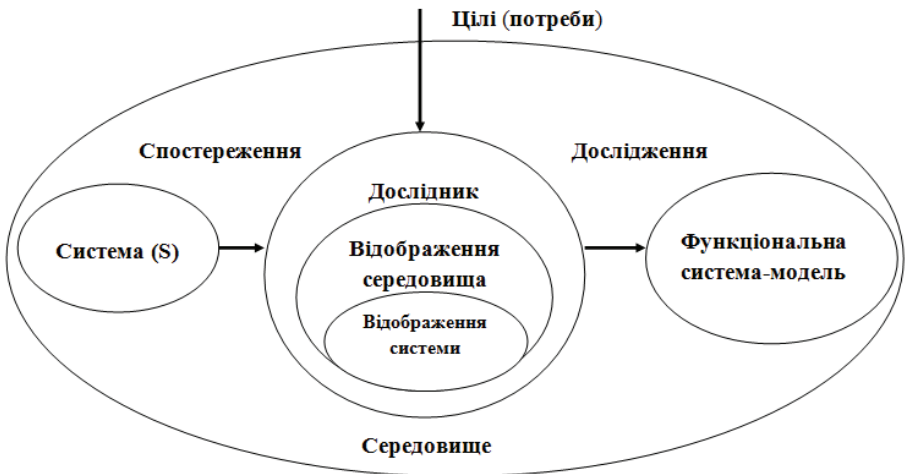


Рис. 4.1. Схема взаємодії «система–дослідник»

Під спостереженням розуміється відображення системи органами почуттів (аналізаторами) дослідника. Спостереження дозволяє створити у дослідника образ системи і середовища, з якими далі виконуються операції аналізу та синтезу. Образи, зафіксовані в пам'яті дослідника, визначаються як представлення.

Дослідження – це процес отримання нових знань про системи, відображених в образах і уявленнях. Дослідження реалізується шляхом виконання етапів опису, пояснення і передбачення.

Опис – це фіксація в знаковій системі уявлень.

Пояснення полягає у формулюванні емпіричних закономірностей і виявленні причинно-наслідкових зв'язків.

Пояснення дозволяє впорядкувати факти в часі, що робить можливим передбачати поведінку системи.

Передбачення – це опис майбутнього системи, її елементного складу, структури та поведінки відносно середовища.

Результатом дослідження, тобто виконання етапів опису, пояснення і передбачення, є створення формальної системи, яка інакше називається моделлю.

Побудова моделі є інтерактивним процесом, реалізація якого спрямована на усунення помилок дослідником на етапах опису, пояснення і прогнозування. Інтерактивний процес передбачає виконання коригування образів і уявлень, що і показано на рис 4.1.

Таким чином, модель є аналогом досліджуваної системи, процесу чи явища, який створюється для визначення властивостей системи, процесу, явища і прогнозування їх поведінки.

Під моделюванням розуміється процес побудови моделі на основі зазначеної на рис. 4.1 схеми взаємодії «дослідник – система».

Теорія моделювання являє собою взаємопов'язану сукупність положень, визначень, методів і засобів створення та вивчення моделей. Ці положення, визначення, методи і засоби, як і самі моделі, є предметом теорії моделювання.

Термін «модель» (від лат. Modulus- міра, зразок, норма) увійшов в математику у ХІХ ст. в зв'язку з розвитком неевклідової геометрії. Сьогодні в літературі можна зустріти безліч визначень поняття «модель». Наведемо лише деякі з них. Під моделлю розуміють такий матеріальний чи подумки уявлюваний об'єкт, який в процесі пізнання (вивчення) заміщає об'єкт-оригінал, зберігаючи деякі важливі для даного дослідження типові його риси. Модель - це спрощене, «упаковане» знання, яке несе цілком певну обмежену інформацію про предмет (явище) і відбиває ті чи інші його властивості [145]. Модель-об'єкт - замітник об'єкта-оригіналу, що забезпечує вивчення деяких властивостей оригіналу [75]. Модель - реально існуюча або подумки уявлена система, яка, заміщаючи і відображаючи оригінал з певною метою, знаходиться з ним у відносинах подібності [70].

Аналіз досвіду використання моделей в природних, технічних і гуманітарних науках дозволяє зробити висновок, що модель - це наше уявлення про досліджуваний об'єкт, своєрідна форма кодування інформації про об'єкт.

Таким чином, можна сказати, що модель - це об'єкт будь-якої природи, який при дослідженні здатний заміщати реально існуючий об'єкт з метою отримання нової інформації про останній.

Об'єкт (від лат. Objectum - предмет) - все, на що спрямована діяльність людини [61]. Будь-який об'єкт дослідження є нескінченно складним і характеризується нескінченним числом станів і параметрів. Процес - певна сукупність дій, спрямованих на досягнення поставленої мети. Система - цілеспрямована множина об'єктів будь-якої природи [145].

Таким чином, можна сказати, що система - це сукупність взаємопов'язаних елементів і компонентів, що має цілком конкретну структуру і цілком конкретне цільове призначення. Елемент системи - частина системи, що не піддається подальшому діленню.

Зовнішнє (навоколишнє) середовище - множина існуючих поза системою (об'єктом) елементів будь-якої природи, що впливають на систему (об'єкт) або перебувають під її (його) впливом [145].

Гіпотеза (від гр. hypothesis - підстава, припущення) - певні передбачення, приблизні судження про причинно - наслідкові зв'язки явищ, засновані на деякій кількості дослідних даних, спостережень, здогадок. Аналогія (від гр. analogia - відповідність, співрозмірність) - уява про яку-небудь окрему схожість двох об'єктів (істотну або несуттєву) [26].

Моделювання - заміщення досліджуваного об'єкта (оригіналу) його умовним чином, описом або іншим об'єктом (моделлю) і пізнання властивостей оригіналу шляхом дослідження властивостей моделі [70]. Моделювання - метод пізнання навоколишнього світу, який можна віднести до загальнонаукових методів, застосовуваним як на емпіричному, так і на теоретичному рівні пізнання [26].

4.1.1. Основні положення та визначення теорії моделювання

Моделювання являє значущу частину будь-якої інженерної діяльності. Моделювання дозволяє досліджувати складні об'єкти і системи, визначати їх характеристики і передбачати їх поведінку.

Ядро знань – body of knowledge (BOK) – з моделювання та імітаційного моделювання – modeling and simulation (M&S) – створюється під керівництвом Національної асоціації навчальних систем (National Training Systems Association – NTSA) [175]. Ядро знань M&SBOK відкрите для професіоналів в області моделювання. З метою редагування та удосконалення M&SBOK створений спеціальний наглядовий комітет. Члени цього комітету відомі і відкриті для спілкування та обміну думками. Для того щоб підтримувати такий інтерактивний підхід до створення M&SBOK, був організований механізм отримання рекомендацій від колег у галузі моделювання та імітаційного моделювання.

Можна виділити кілька аспектів розуміння того, що таке ядро знань M&SBOK. З прагматичної точки зору, ядро знань – це:

- структуровані знання, що використовуються представниками даної дисципліни в якості рекомендацій в практиці і роботі;
- задана сукупність знань у певній галузі, які повинен опанувати спеціаліст для того, щоб кваліфікуватися як практик;
- стартовий майданчик для об'єднання деякого співтовариства.

В деякій мірі розвиток M&SBOK обґрунтовується існуванням ядер знань з інших дисциплін. Деякі дисципліни мають кілька ядер знань для подання своїх різних напрямків. Наприклад, у рамках управління якістю можна виділити наступні:

- ядро знань з якості;
- ядро знань з якості та підвищення продуктивності;
- ядро знань для Екзаменаційної комісії Національної ради інспекторів;
- ядро знань по Шість Сигм (Six Sigma) Американського товариства якості;
- ядро знань з сертифікації фахівця в галузі якості Американського товариства якості.

Визначення поняття імітаційного моделювання має два напрямки. Як процес термін імітаційне моделювання має технічне і нетехнічне значення. Як нетехнічний термін моделювання означає імітацію.

В якості технічного терміна імітаційне моделювання має два аспекти, тобто, набуття досвіду та проведення експериментів. З точки зору експериментування, імітаційне моделювання – це спрямоване на мету експериментування з використанням динамічних моделей. З точки зору досвіду, моделювання – це метод набуття досвіду в контрольованих умовах.

Технічні значення, застосовувані з 11330-х років, охоплюють будь-який тип імітаційного моделювання, незважаючи на те, комп'ютеризовано воно чи ні і чи виконано воно лише на програмному забезпеченні або за допомогою апаратного та програмного забезпечення. Крім того, обидва ці технічні визначення полегшують спадну декомпозицію сутностей і діяльностей, залучених у даний процес.

Моделювання та імітаційне моделювання, зокрема, має безліч сфер застосування: навчання, освіта, підтримка прийняття рішень, сфера розваг. З точки зору експериментування, прикладні області включають всі інженерні, технічні області, а також більшість нетехнічних областей, таких як мистецтво, біологія, хімія, управління, медицина і фізика, а також освіта і сфера розваг.

Існує два типи імітаційного моделювання, залежно від того, чи працює програма симулятор незалежно від системи, яку вона представляє, чи ні. Звідси виділяються автономні та інтегровані процеси моделювання.

Автономний процес моделювання – це процес, в якому моделююча програма працює незалежно від досліджуваної системи. Таке моделювання використовується в наступних цілях:

- тренування і удосконалення рухових навичок, навичок у прийнятті рішень і комунікаціях, операційних навичок через набуття практичного досвіду в регульованому середовищі;
- здобуття освіти;
- підтримки прийняття рішень;
- сфери розваг (імітаційні ігри, анімація динамічних систем).

Наприклад, моделювання при прийнятті рішень застосовується для здійснення наступного:

- передбачення поведінки системи та її продуктивності з обмеженнями, властивими імітаційній моделі;
- оцінка альтернативних моделей, параметрів, експериментальних і операційних умов з поведінки моделі;
- аналіз чутливості;
- технічне проектування;
- макетування;
- планування;
- збір даних;
- доказ певної концепції.

Інтегрований процес моделювання припускає, що програма моделювання працює спільно з досліджуваною системою. Основні цілі цього полягають у тому, щоб підтримати і збагатити, розширити функціонування реальної системи. Щоб підтримати функціонування реальної системи, дана система і імітаційна програма працюють поперемінно, щоб забезпечити прогнозовані результати. Для розширення функціонування реальної системи ця система і імітаційна програма працюють одночасно для забезпечення оперативної діагностики та внесення додаткової функціональності.

Моделювання може розглядатися з різних точок зору, тобто:

- інфраструктура для підтримки діяльності в реальному світі;
- обчислювальна діяльність;
- системна діяльність;
- діяльність, що базується на моделі;

- діяльність з формування знань;
- діяльність з обробки знань.

Моделювання як інфраструктура для підтримки діяльності в реальному світі відповідає сприйняттю типу чорного ящика. У цьому випадку фахівці розглядають моделювання як інструмент для досягнення інших цілей. Ця точка зору дозволяє зосередитися на первісній проблемі, з якою вони стикаються. У цьому сенсі моделювання сприймається як нереальна, неіснуюча річ.

При розумінні моделювання як обчислювальної діяльності акцент робиться на різні рівні: від відтворення моделі поведінки до використання спеціальних середовищ, які дозволяють вирішувати завдання за допомогою імітаційного моделювання. Ця точка зору відображена у деяких визначеннях моделювання. Наприклад, "Моделювання – це створення моделей, що уявляють собою атрибути однієї або декількох сутностей або процесів".

Моделювання як системна діяльність використовується для знаходження значень виходу, входу або змінних стану системи за умови, що значення двох інших видів змінних відомі. Теорія систем надає базу для формалізмів моделювання, а також для символічної обробки моделей для великої кількості динамічних систем, включаючи цілеспрямовані системи, системи зі змінною структурою, еволюційні системи.

Моделювання як діяльність, що ґрунтується на моделі, дозволяє створювати автоматизовані середовища розв'язання задач за допомогою імітаційного моделювання.

Моделювання як діяльність з формування знань передбачає, що це є цілеспрямована діяльність, яка базується на динамічних моделях. Ця точка зору дозволяє досвідченим методологам і технологам об'єднувати моделювання з кількома іншими методами здобування знань.

Моделювання як діяльність з обробки знань дозволяє методологам і технологам об'єднувати моделювання з іншими методами обробки знань.

Можна виділити різні групи зацікавлених осіб відносно можливостей, що надаються моделюванням [175]. Не викликає сумнівів те, що різні люди можуть цікавитися різними аспектами моделювання. З прагматичної точки зору, M&SBOK повинен описувати важливі питання моделювання та імітаційного моделювання, зокрема, у всіх прикладних областях. Ці знання можуть використовуватися для декількох категорій застосування моделювання:

1) підготовка кадрів з наданням рекомендацій для розробки навчальної програми, для переддипломної та аспірантської освіти, а також для професійного розвитку;

2) основа для професійної сертифікації;

3) в якості рекомендацій для нинішніх і майбутніх професіоналів у сфері моделювання з метою планування кар'єри і самооцінки.

Будь-яка людина може скористатися M&SBOK для вивчення дисципліни моделювання та визначення того, чи потрібні йому ці знання. Фахівці-практики можуть розв'язувати певні задачі за допомогою M&SBOK. Студенти можуть розширювати і доповнювати свої знання, ґрунтуючись на порадах і рекомендаціях, що надаються M&SBOK. Викладачі вищих навчальних закладів керуються M&SBOK при розробленні навчальних планів, програм і методичного забезпечення для підготовки фахівців інженерних спеціальностей. Підприємства та представники промисловості можуть проводити атестацію своїх співробітників відносно знань, що містяться у M&SBOK. Агентства з ліцензування та сертифікації можуть керуватися M&SBOK у своїй діяльності, пов'язаній з визначенням професійних стандартів для академічних програм і комерційних організацій.

У загальному випадку фахівець в області моделювання повинен володіти трьома типами знань, а саме [175]:

1) знання галузі застосування;

2) знання в моделюванні, на які будуть посилатися як на основні елементи;

3) знання суміжних областей.

Структура M&SBOK включає чотири логічні частини. Перша частина M&SBOK присвячена стислим попереднім питанням, передумовам створення ядра знань з моделювання. Друга частина описує ключові галузі моделювання та імітаційного моделювання. Третя частина M&SBOK пов'язана з суміжними областями знань для моделювання. В останній четвертій частині пропонуються корисні посилання в області моделювання, що включають портали, спільноти, блоги, присвячені моделюванню.

Ядро знань M&SBOK надає корисне керівництво для професіоналів. Оскільки моделювання і, зокрема, імітаційне моделювання являють собою важливий крок розв'язання будь-якої прикладної інженерної задачі, знання основ моделювання є актуальними для фахівців у галузі технічних наук.

4.1.2. Вимоги до моделей складних технологічних процесів буряківництва

Простота моделі в порівнянні з реальною модельованою системою, як зазначалося, дозволяє подолати інформаційний бар'єр складності і провести з моделлю необхідні експерименти. Метою планованих експериментів є визначення властивостей моделі і на їх основі властивостей системи.

Спрощення моделі в порівнянні з модельованою системою є однією з основних вимог моделювання. Однак ця вимога повинна виконуватися разом з іншими основними вимогами універсальності, адекватності, точності та економічності, що висуваються до моделей.

Під ступенем універсальності моделі розуміється повнота відображення тих якостей досліджуваної системи, які визначаються метою дослідження.

Для визначення інших вимог використовуються зовнішні, внутрішні та вихідні параметри. Вектор зовнішніх параметрів Z відображає властивості зовнішнього середовища. Вектор внутрішніх параметрів X відображає властивості елементів, з яких система складається, або інакше – відображає внутрішній зміст системи. І нарешті, вектор вихідних параметрів Y відображає властивості системи відносно інших систем і зовнішнього середовища.

Між X , Y , Z має місце функціональне співвідношення:

$$Y = F(X, Z), \quad (4.1)$$

яке є математичною моделлю системи при відповідному визначенні F .

Нехай Y_s – вектор вихідних параметрів на виході системи, а Y_m – вектор вихідних параметрів на виході моделі системи.

Тоді відносна похибка визначається як

$$\varepsilon = \frac{|Y_m - Y_s|}{Y_s}. \quad (4.2)$$

Для зведення отриманої векторної оцінки відносної похибки до скалярної величини використовують деяку норму вектора, прикладами якої можуть бути:

$$\|\varepsilon\| = \sqrt{\sum_{j \in \overline{1, n}} \varepsilon_j^2}; \|\varepsilon\| = \max_{j \in \overline{1, n}} \varepsilon_j,$$

де ε_j ($j \in \overline{1, n}$) – компоненти вектора ε .

Під адекватністю моделі розуміється здатність відображати задані властивості досліджуваної системи із заданою похибкою, граничне значення якої може задаватися константою $\delta > 0$.

З виразів (4.1), (4.2) випливає, що значення норми $\|\varepsilon\|$ залежить від вектора X і Z . Важливим інженерним завданням є визначення X , мінімізуючого $\|\varepsilon\|$ при заданому векторі Z . Якщо позначити $\|\varepsilon\| = f(X, Y)$, то зазначена задача формалізується записом

$$\min_{\{X\}} f(X, \bar{Z}) = \varepsilon_m,$$

де \bar{Z} – заданий вектор Z , тобто конкретний набір значень параметрів зовнішнього середовища.

Очевидно, що при зміні вектора \bar{Z} отримуються різні значення ε_m . Множина \bar{Z} і відповідна йому множина значень ε_m використовуються для побудови області адекватності, що визначається як

$$\{\bar{Z} \mid \varepsilon_m < \delta\}.$$

Економічність моделі характеризується витратами ресурсів комп'ютера на її реалізацію. При цьому до ресурсів насамперед належать машинний час і оперативна пам'ять. Непрямими показниками витрат цих ресурсів є число операцій, необхідних для звернення до моделі, розмірність і число внутрішніх параметрів моделі.

Вимоги точності, універсальності, адекватності, як правило, суперечать вимозі економічності. Це протиріччя вирішується шляхом компромісного

рішення, яке досягається реалізацією узгоджених, взаємних поступок у вимогах.

Для побудови математичної моделі використовуються неформальні і формальні методи [102].

Неформальні методи використовуються для отримання математичних моделей елементів системи, що розташовуються на різних ієрархічних рівнях.

Реалізація неформальних методів включає вивчення закономірності процесів і явищ у модельованій системі або її елементах, виділення істотних факторів, прийняття різного роду припущень та їх обґрунтування, математичну інтерпретацію наявних відомостей і т.д.

Усі зазначені операції побудови математичної моделі реалізуються кваліфікованими фахівцями. Від успішності реалізації цих операцій залежать показники ефективності математичної моделі – ступінь універсальності, точність, економічність.

Метою вивчення закономірностей процесів і явищ є визначення природи процесів, явищ і законів, яким вони підкоряються. Приклад реалізації цієї операції вже розглядався при побудові моделі пружинного маятника, вигляд якого показаний на рис. .

Виділення істотних факторів є важливою неформальною операцією, реалізація якої можлива за допомогою фахівців, які добре обізнані у предметній області. З практики побудови математичних моделей відомо, що 20 % факторів визначають 59 % властивостей модельованої системи, а інші 59 % чинників визначають 20 % властивостей. Проблема полягає у визначенні цих 20 % істотних факторів. Їх визначення реалізується за допомогою експертних методів, якими передбачається отримання експертних оцінок і їх обробка методами статистики з введенням нових коефіцієнтів, що враховують важливість оцінки того чи іншого експерта [79].

Прийняття різних припущень та їх обґрунтування використовується головним чином для спрощення моделі. Часто використовується спрощення, що полягає в заміні нелінійної моделі реального процесу деякою сукупністю лінійних моделей. Суть цієї заміни показано на рис. 4.2.

Вихідна характеристика $y(t)$ на інтервалі $[0, T]$ має явно виражений нелінійний характер. При цьому закономірність $y(t)$ досить складна і тому виникає необхідність у її спрощенні. Для цього інтервал розбивають на менші інтервали $[t_{i-1}, t_i]$ ($i \in \overline{1, n}, t_0 = 0, t_n = T$), і робиться припущення про

лінійність закону зміни y на інтервалі, тобто $\tilde{y}_i(t) = a_i + b_i t$, $t \in [t_{i-1}, t_i]$. Обґрунтуванням такого припущення є виконання умови

$$\forall t \in [t_{i-1}, t_i] \quad |y(t) - \tilde{y}_i(t)| < \varepsilon, \quad (4.3)$$

де ε – допустима похибка відхилення нелінійної характеристики $y(t)$ від лінійної $\tilde{y}_i(t)$ на інтервалі $[t_{i-1}, t_i]$.

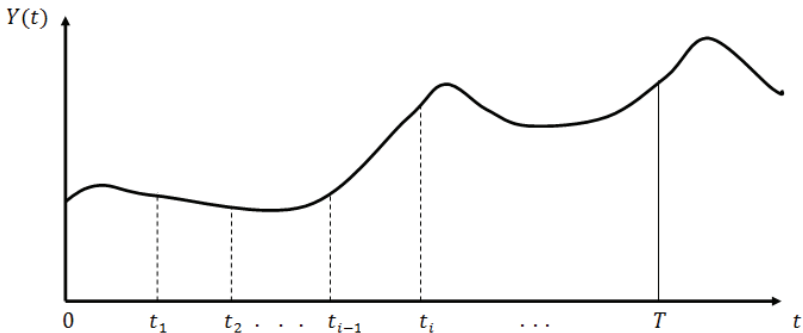


Рис. 4.2. Приклад зміни характеристики $y(t)$

Якщо умова (4.3) виконується для всіх інтервалів $i \in \overline{1, n}$, то одна нелінійна характеристика реального процесу може замінюватися сукупністю з n лінійних моделей $\{\tilde{y}_i(t) = a_i + b_i t \mid i \in \overline{1, n}\}$.

Під математичною інтерпретацією наявних відомостей розуміється емпірична інтерпретація як тлумачення об'єктів формальних і змістовних теорій у категоріях реального світу [79]. У процесі емпіричної інтерпретації, яка характерна для прикладної математики, зв'язуються поняття теорії з об'єктами і відношеннями фізичного простору. Наприклад, однією з широко використовуваних теорій прикладної математики є теорія графів, основними поняттями якої є вершина, ребро, дуга.

Неформальні методи використовуються для розробки як теоретичних, так і емпіричних математичних моделей. Теоретичні моделі є результатом дослідження процесів та їх закономірностей, які характерні для розглянутого класу об'єктів і явищ.

Емпіричні моделі створюються для вивчення властивостей системи, які вона проявляє відносно зовнішнього середовища, тобто відносно оточуючих її систем. Ці моделі часто належать до класу «чорний ящик» вигляду

$$Y = F(Z), \quad (4.4)$$

основна відмінність яких від моделей (4.1) полягає в тому, що не враховується внутрішній устрій системи, який виражається вектором внутрішніх параметрів системи X .

Для визначення F у моделі (4.4) проводяться експерименти, які полягають у зміні за заздалегідь розробленим планом вектора Z і фіксації відповідних значень вектора Y . У результаті отримують так звані «статистики моделювання» $\{Y_j, Z_j \mid j \in \overline{1, m}\}$, де j – індекс експерименту, m – загальне число експериментів, Y_j, Z_j – вектори Y, Z у j -му експерименті.

Обробка статистики моделювання дозволяє визначити F . При обробленні спочатку висувається гіпотеза про структуру моделі (про вигляд моделі), а потім визначаються параметри моделі часто на основі методу найменших квадратів [60].

Таким чином, у цілому методикою одержання математичних моделей елементів системи на основі неформальних методів передбачається виконання послідовності наступних дій.

1. Визначаються властивості, які необхідно відобразити в моделі. Вибір властивостей залежить від цілей і задач моделювання і визначає ступінь універсальності математичної моделі.

2. Підготовка інформації щодо кожної властивості, обраної в п.1. Джерелами інформації є бази даних і знань, науково-технічна література з описом раніше виконаних розробок подібних математичних моделей, результати експериментів, досвід і знання експертів і т.д.

3. Розробка структури математичної моделі, під якою розуміється загальний вигляд математичних співвідношень без вказівки чисельних значень параметрів моделі. Структура St і вектор параметрів C є парою моделі F в (4.1), тобто

$$F = \langle St, C \rangle. \quad (4.5)$$

Відомо, що під структурою розуміється деякий набір елементів, з яких складається об'єкт, що вивчається, з відносинами між елементами.

Структури багатьох реальних об'єктів подаються графом, вершинам якого відповідають елементи об'єкта, а дугам – відношення між елементами.

Для завдання структури математичної моделі в якості елементів використовуються такі категорії як розмірність, лінійність, нелінійність, детермінованість, стохастичність, дискретність, неперервність і т.д. Структура моделі задається перерахуванням зазначених категорій.

4. Розрахунок числових значень параметрів C математичної моделі в парі (4.5). Задачу визначення параметрів $C = (c_1, c_2, \dots, c_k)$ у режимі нормального функціонування модельованого об'єкта, тобто без подачі на об'єкт спеціальних керуючих впливів, називають задачею ідентифікації параметрів моделі.

Для розв'язання завдання ідентифікації використовується інформація про структуру St та спостереження за входом і виходом об'єкта моделювання при його взаємодії із зовнішнім середовищем. Якщо зафіксувати властивості елементів системи, що виражаються вектором X , то для визначення параметрів C моделі (4.1) необхідна інформація надається парою

$$I = \langle Z_i, Y_i \rangle, (i \in \overline{1, n}),$$

де Z_i, Y_i – вектори в момент спостереження $t_i \in [0, T]$ з інтервалу $[0, T]$, n – число спостережень.

Визначення C зводиться до реалізації алгоритму на вихідних даних у вигляді структури St і спостережень I , тобто

$$C = \varphi(St, I). \quad (4.6)$$

Алгоритми φ розв'язання задачі ідентифікації поділяються на два великі класи – адаптивні і неадаптивні.

Під адаптивним алгоритмом φ_a розуміється алгоритм, що дозволяє отримати значення параметрів C_{i+1} на $(i+1)$ кроці алгоритму за значеннями параметрів C_i на попередньому i -му кроці і інформації про значення входів і виходів об'єкта моделювання на $(i+1)$ кроці $I_{i+1} = \langle Y_{i+1}, Z_{i+1} \rangle$, тобто

$$C_{i+1} = \varphi_a(C_i, I_{i+1}).$$

Таким чином, адаптивний алгоритм дозволяє отримати значення параметрів шляхом реалізації послідовності з n кроків. При цьому на кожному кроці використовується тільки інформація про стан входів і виходів на даному кроці і значення параметрів на попередньому кроці алгоритму.

На відміну від адаптивного, неадаптивний алгоритм припускає використання відразу всієї інформації про стан входів, виходів об'єкта моделювання $I = \langle Z_i, Y_i \rangle \ i \in \overline{1, n}$. Прикладом неадаптивного алгоритму є алгоритм на основі методу найменших квадратів [126].

Формальні методи використовуються головним чином для побудови математичних моделей систем на основі наявних моделей елементів системи та зв'язків між елементами. При цьому часто моделями елементів є компонентні рівняння, а зв'язки елементів один з одним враховуються за допомогою топологічних рівнянь [102].

4.1.3. Методи і методика процесу побудови математичної моделі

Математичне моделювання базується на таких загальних принципах, як інформаційність, здійсненність, множинність, але при побудові моделей складних технологічних процесів, до яких відносяться процеси виробництва буряків цукрових, необхідно враховувати деякі додаткові аспекти. Пропонується розглядати наступні принципи моделювання складних технологічних процесів [37, 35].

1. Доцільність моделювання – основоположний принцип побудови будь-яких моделей. Моделювання як процес представлення об'єкта, процесу або явища має бути цілеспрямованим, економічно обґрунтованим та отриманий результат (тобто модель) не повинен підвищувати складність.

2. Наявність достатньої інформації – принцип інформаційної достатності, тобто для побудови моделі необхідна наявність апріорної інформації, яка дозволяє побудувати адекватну модель. Повнота та невизначеність наявної інформації обумовлюють доцільність, адекватність та ефективність моделювання.

3. Множинність моделювання – принцип представлення реального об'єкту або процесу множиною моделей, які відображають різноманітні аспекти його функціонування. Вибір типу моделювання, деталізація опису

процесу, складність моделі – все це повинно узгоджуватись з цілями та завданнями моделювання.

4. Агрегативність моделі – принцип моделювання складних систем як сукупності більш простих складових, які об'єднані моделлю більш високого рівня - агрегатом. Ієрархічне уявлення процесу дозволяє суттєво спростити модель складного об'єкту, зосередити увагу на головних аспектах, деталізація яких розглядається на нижчому рівні абстракції.

5. Координованість – принцип моделювання складної системи через декомпозицію та врахування взаємного впливу автономних підсистем. Будь-який технологічний процес складається з певного набору операцій, що обумовлює цілком природну декомпозицію та моделювання окремих стадій як автономних підсистем, які взаємодіють між собою. Узгодженість параметрів, інформаційних та матеріальних потоків між окремими підсистемами, а також між рівнями агрегування моделі дозволяє ефективно вирішувати складні завдання управління.

4.2 Моделювання технологічних процесів на основі оптимального планування експериментів

Цілі моделювання визначаються цілями дослідження, які найчастіше полягають у створенні нової системи або в модернізації функціонуючої системи з урахуванням ефективності. Показником ефективності є перевищення корисності пропонованого варіанта системи над вартістю створення й експлуатації цього варіанта. Проте визначити ефект у повному обсязі, як правило, не вдається, оскільки він проявляється не тільки безпосередньо, як результат функціонування пропонованого варіанта системи, а й опосередковано, як результат функціонування інших систем, з якими пов'язана досліджувана система.

Планування та проведення експериментів реалізується з метою отримання статистик моделювання, обробка яких дозволяє визначити шукані параметри. План експериментів являє собою певний порядок наборів поєднань значень варійованих параметрів (факторів). Число наборів визначає число експериментів.

Основне завдання планування експериментів, що проводяться з моделлю на комп'ютері, полягає в отриманні всієї необхідної інформації про досліджувану систему при мінімальних або обмежених витратах ресурсів комп'ютера на реалізацію процесу отримання статистик моделювання.

Аналіз результатів моделювання реалізується після обробки статистик моделювання методами кореляційного, дисперсійного та регресійного аналізу. Після складання плану експериментів з моделлю системи, для реалізації цього плану необхідно зібрати результати експериментів у вигляді певних статистик моделювання і організувати їх оброблення відповідно до мети моделювання.

Вибір методів оброблення статистик моделювання здійснюється з обов'язковим урахуванням таких особливостей експериментів з моделями систем [70, 54].

По-перше, експерименти з моделями систем дозволяють отримувати вибірки досить великого обсягу для кількісної оцінки характеристик процесу функціонування досліджуваної системи. Такі великі обсяги вибірок дозволяють отримувати оцінки параметрів високої точності і достовірності. Однак при цьому виникає проблема зберігання проміжних результатів у процесі оброблення великих масивів інформації.

Ця проблема, як правило, розв'язується шляхом розроблення рекурентних алгоритмів обробки інформації, що дозволяє отримувати оцінки у процесі проведення експериментів.

По-друге, складність модельованих систем не дозволяє апіорі висловити досить обґрунтоване судження про закон розподілу, наприклад, вихідних характеристик системи. Тому широко використовується практика оцінки моментів розподілу – математичного очікування, дисперсії, кореляційного моменту та ін.

По-третє, блочність конструкції моделі складної системи зумовлює можливість роздільного дослідження окремих частин. Таке дослідження можливе за умови програмної імітації вхідних змінних для однієї з частин моделі за оцінками вихідних змінних іншої частини.

Статистики моделювання у вигляді множини значень параметрів і їх подальше оброблення методами статистики дозволяють провести аналіз зв'язків між величинами параметрів. Для цього використовуються методи кореляційного, регресійного і дисперсного аналізу [29].

За допомогою кореляційного аналізу визначають, наскільки тісним є зв'язок між випадковими величинами. Тіснота зв'язку встановлюється за допомогою коефіцієнтів кореляції

$$r_{\xi\eta} = \frac{M[\xi - M[\xi]] \cdot M[\eta - M[\eta]]}{\sqrt{D[\xi]D[\eta]}}$$

де $M[\xi]$, $M[\eta]$ – математичні очікування випадкових величин ξ і η ;
 $D[\xi]$, $D[\eta]$ – дисперсії випадкових величин ξ і η .

За допомогою статистик моделювання або, інакше, на основі N реалізацій експериментів визначається оцінка коефіцієнта кореляції:

$$\hat{r}_{\xi\eta} = \frac{\sum_{k=1, N} (x_k - \bar{x})(y_k - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{k=1, N} (x_k - \bar{x})^2 \sum_{k=1, N} (y_k - \bar{y})^2}},$$

$$\text{де } \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k \in 1, N} x_k, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{k \in 1, N} y_k.$$

Значення $\hat{r}_{\xi\eta}$ характеризує близькість залежності між випадковими величинами ξ і η до лінійної. При $|r_{\xi\eta}| = 1$ має місце функціональна, нестохастична, лінійна залежність виду

$$y = b_0 + b_1 x.$$

При $|r_{\xi\eta}| = 0$ має місце взаємна некорельованість.

Зауважимо, що незалежні випадкові величини завжди некорельовані. Однак некорельовані випадкові величини можуть бути залежними.

Випадок, коли $0 < r_{\xi\eta} < 1$ відповідає або наявності лінійної кореляції з розсіюванням, або наявності нелінійної кореляції результатів експериментів.

Як зазначалося, кореляційний аналіз дозволяє встановити існування зв'язку та його ступінь, але при цьому не встановлюється модель зв'язку між параметрами або змінними, які цікавлять дослідника.

Для визначення моделі зв'язку використовується регресійний аналіз. У результаті проведення експериментів отримують набори даних у вигляді певних значень параметрів, що цікавлять дослідника. Найчастіше це вихідні параметри з одного боку, а з іншого – це вхідні або внутрішні параметри системи.

Візуальний аналіз указаних даних дозволяє висловити припущення про структуру моделі або, інакше кажучи, визначити вид моделі. Після цього обчислюються значення параметрів моделі, які б мінімізували похибку між

даними, отриманими на основі експериментів і моделі. Дана задача часто розв'язується за допомогою методу найменших квадратів [29].

4.2.1 Сутність методу статистичного моделювання

Суть методу статистичного моделювання, який ще називають методом статистичних випробувань Монте-Карло, полягає в розробленні імітаційної моделі процесу функціонування досліджуваного об'єкта при випадкових вхідних впливах, при випадкових змінах внутрішніх параметрів [88]. Очевидно, що метод статистичного моделювання є складовою частиною тих математичних схем, на основі яких розробляється математична модель для вивчення стохастичних об'єктів. До цих математичних схем належать перш за все розглянуті раніше імовірнісні автомати, системи масового обслуговування та агрегати. Це основний напрямок використання методу, який демонструється наступним прикладом.

Нехай є деяка система S , на вхід якої подаються випадкові вхідні дії x_1 і x_2 , як це показано на рис. 4.3.

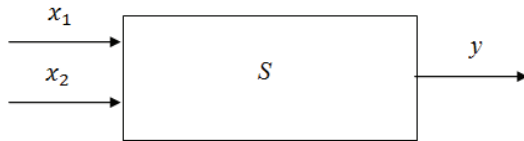


Рис. 4.3. Приклад системи з випадковими вхідними впливами

Відомо, що $x_1 = 1 - e^{-\lambda}$, $x_2 = 1 - e^{-\mu}$, де λ, μ – випадкові величини, для яких відома функція їх розподілу (інтегральний закон розподілу).

Відомо також, що $y = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$. Очевидно, що y є випадковою величиною.

Необхідно дати оцінку математичному очікуванню випадкової величини y , тобто $M[y]$. Реалізація методу статистичного моделювання для оцінки значення $M[y]$ зводиться до реалізації імітаційної моделі у вигляді наступного алгоритму:

На основі заданих законів розподілу випадкових величин λ та μ генеруються значення цих випадкових величин λ_i, μ_i ($i \in \overline{1, N}$), де N – кількість значень або обсяг вибірки значень випадкових величин.

Для кожного набору значень λ_i та μ_i обчислюємо значення вихідної величини y :

$$\forall i \in \overline{1, N} \quad y_i = \sqrt{(1 - e^{-\lambda_i})^2 + (1 - e^{-\mu_i})^2}.$$

На основі множини значень $\{y_i \mid i \in \overline{1, N}\}$ визначається середнє значення випадкових величин y

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i \in \overline{1, N}} y_i.$$

При $N \rightarrow \infty$ отримане значення \bar{y} прагне до оцінки математичного очікування, що є

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \bar{y} = M[y].$$

Іншим напрямком використання методу є розв'язання детермінованих задач, де випадкові фактори не враховуються. Прикладом цього напрямку може бути розв'язання задачі визначення площі під кривою $F(x)$ на інтервалі $0 \leq x \leq 1$. При цьому $0 \leq F(x) \leq 1$.

Геометрична інтерпретація розв'язання сформульованої задачі показана на рис. 4.4.

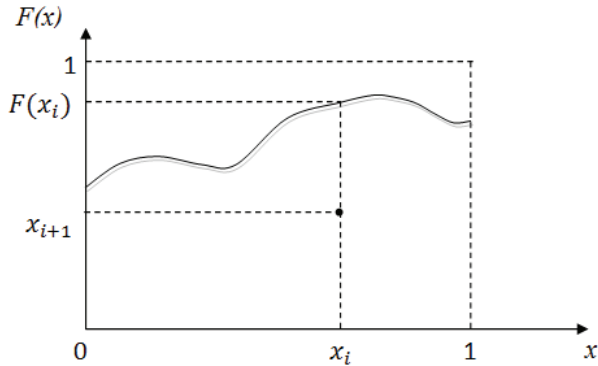


Рис. 4.4. Функція $F(x)$ на інтервалі $0 \leq x \leq 1$

Для розв'язання детермінованих задач методом статистичного моделювання необхідно побудувати стохастичну систему, вихідні характеристики якої при збільшенні числа імітацій N прагнуть до розв'язку детермінованої задачі.

Варіантом стохастичної системи для розв'язання детермінованої задачі визначення площі під кривою $F(x)$ методом статистичного моделювання може бути наступний.

Генерується пара незалежних випадкових величин (x_i, x_{i+1}) на інтервалі $(0,1)$. Ця пара може розглядатися як аргумент і як значення функції $F(x)$ відповідно або інакше – як абсциса і ордината функції $F(x)$ на координатній площині рис.

Якщо точка (x_i, x_{i+1}) , як це показано на рис.4.4, належить площі під кривою $F(x)$, то виробляється сигнал $h_i = 1$. В іншому випадку, $h_i = 0$.

Це формалізується виразом

$$h_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_{i+1} \leq F(x_i), \\ 0, & \text{якщо } x_{i+1} > F(x_i). \end{cases}$$

Обчислюється значення

$$\tilde{S} = \frac{1}{N} \sum_{i \in \{1, N\}} h_i.$$

Тобто значення \bar{S} прагне до значення площі S , що визначається, при збільшенні числа N , або $\lim_{N \rightarrow \infty} \bar{S} = S$.

4.2.2 Побудова емпіричних регресійних моделей

Серед багатьох форм зв'язків між явищами важливу роль грає причинна, сутність якої складається в породженні одного явища іншим. Кожний результативний показник залежить від численних і різноманітних факторів. Звідси важливим методологічним питанням в аналізі господарської діяльності є вивчення й вимір впливу факторів на величину досліджуваних показників.

Статистичне моделювання широко застосовується для вивчення стохастичних об'єктів [71]. Факторний аналіз є одним з розділів багатомірного статистичного аналізу. У загальному вигляді схему проведення факторного аналізу можна представити у вигляді, наведеному на рисунку 4.5. Основними задачами факторного аналізу є наступні:

- Відбір факторів, що визначають досліджувані результативні показники.
- Класифікація й систематизація факторів з метою забезпечення комплексного й системного підходу до дослідження їхнього впливу на результати господарської діяльності.
- Визначення форми залежності між факторами й результативним показником.
- Моделювання взаємозв'язків між результативним і факторним показниками.
- Розрахунок впливу факторів і оцінка ролі кожного з них у зміні величини результативного показника.
- Робота з факторною моделлю (практичне її використання).

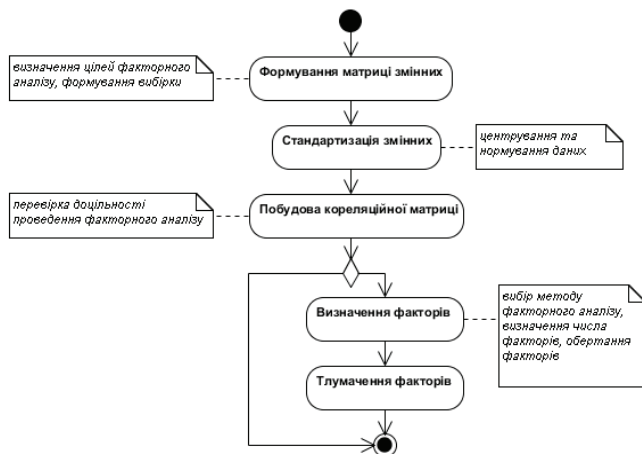


Рис. 4.5. Загальна схема проведення факторного аналізу

Однією з принципів проблем моделювання складних систем є проблема одночасного моделювання різних видів процесів. Проблема полягає в тому, що математичні схеми для моделювання різних видів процесів не сполучаються одна з одною, що не дозволяє отримати узагальнену модель складної системи. Це також відноситься до технологічного процесу підготовки ґрунту та сівби ЦБ, який є гетерогенним та стохастичним.

4.2.3. Планування багатфакторного експерименту

Після складання плану експериментів з моделлю системи, для реалізації цього плану необхідно зібрати результати експериментів у вигляді певних статистик моделювання і організувати їх оброблення відповідно до мети моделювання. Оброблені результати подаються в заданому вигляді досліднику або особі, що приймає рішення.

Як вже зазначалося в підрозділі , збирання статистик моделювання реалізується відповідною підпрограмою імітаційної моделі, а оброблення результатів експериментів та їх видача досліднику проводиться підпрограмою закінчення імітації.

Вибір методів оброблення здійснюється з обов'язковим урахуванням таких особливостей експериментів з моделями систем [8, 101].

По-перше, експерименти з моделями систем дозволяють отримувати вибірки досить великого обсягу для кількісної оцінки характеристик процесу функціонування досліджуваної системи. Такі великі обсяги вибірок дозволяють отримувати оцінки параметрів високої точності і достовірності. Однак при цьому виникає проблема зберігання проміжних результатів у процесі оброблення великих масивів інформації.

Ця проблема, як правило, розв'язується шляхом розроблення рекурентних алгоритмів обробки інформації, що дозволяє отримувати оцінки у процесі проведення експериментів.

По-друге, складність модельованих систем не дозволяє апіорі висловити досить обґрунтоване судження про закон розподілу, наприклад, вихідних характеристик системи. Тому широко використовується практика оцінення моментів розподілу – математичного очікування, дисперсії, кореляційного моменту та ін.

По-третє, блочність конструкції моделі складної системи зумовлює можливість роздільного дослідження окремих частин. Таке дослідження можливе за умови програмної імітації вхідних змінних для однієї з частин моделі за оцінками вихідних змінних іншої частини.

До якості оцінок параметрів, одержуваних у результаті оброблення експериментів, пред'являються відомі з теорії статистики вимоги [101, 50, 58]:

- незсуненість оцінки, коли $M[\hat{x}] = x$, де \hat{x} – оцінка параметра x ;
- ефективність оцінки, коли оцінка \hat{x} така, що забезпечується мінімум дисперсії, тобто $\min M[(\hat{x} - x)^2]$;
- узгодженість оцінки, коли забезпечується збіжність за ймовірністю оцінки \hat{x} до оцінюваного параметра x при збільшенні числа експериментів, тобто

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P[|\hat{x} - x| \geq \varepsilon] = 0,$$

де ε – величина похибки.

У тому випадку, коли метою експериментів є отримання саме закону розподілу, а не моментів розподілу, то за результатами експериментів отримують значення вибіркового закону розподілу $\hat{F}(x)$ або функції густини $\hat{f}(x)$. Потім висувається гіпотеза про відповідність одержаного емпіричного

розподілу якому-небудь теоретичному розподілу. Перевірка гіпотези здійснюється за допомогою статистичних критеріїв узгодженості Колмогорова, Пірсона, Смірнова, Стьюдента та ін. [58, 72].

При обробленні та аналізі результатів експериментів виникає задача порівняння середніх вибірок. Наприклад, нехай проведено n серій експериментів, у результаті яких отримані n сукупностей випадкової змінної $y - \{y^{(1)}\}, \{y^{(2)}\}, \dots, \{y^{(n)}\}$. Якщо виявиться, що математичні очікування зазначених сукупностей $M[y^{(1)}], M[y^{(2)}], \dots, M[y^{(n)}]$ відрізняються незначно, то сукупність $\{y^{(1)}\}, \{y^{(2)}\}, \dots, \{y^{(n)}\}$ утворює однорідний статистичний матеріал, який можна розглядати як об'єднану сукупність вигляду $\{y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(n)}\}$, що значно збільшує обсяг інформації про властивості об'єкта, який вивчається на основі моделі.

Перевірку гіпотези про рівність математичних очікувань можна реалізувати за допомогою одного з критеріїв узгодженості (Смірнова, Стьюдента чи іншого) та процедури попарного порівняння математичних очікувань сукупностей. При великому числі сукупностей число попарних порівнянь буде значним, що робить дану перевірку гіпотези про рівність неефективною.

Набагато ефективніша перевірка гіпотези про рівність математичних сподівань реалізується на основі дисперсійного аналізу, який полягає у перевірці гіпотези про тотожність вибіркової і генеральної дисперсій.

4.2.4 Оцінка достовірності та адекватності моделі

Проблема забезпечення точності та достовірності результатів моделювання виникає, коли в імітаційній моделі є елементи статистичного моделювання, що призводить до стохастичності результатів експериментів з моделлю.

Рішення проблеми пов'язується з отриманням оцінок точності і достовірності при заданому числі експериментів, яке обумовлюється обмеженими ресурсами, або, навпаки, з отриманням оцінки числа експериментів при заданих значеннях точності та достовірності.

Нехай E – деякий показник досліджуваної системи S , значення якого є результатом експерименту. Позначимо \hat{E} оцінку розглянутого показника.

Стохастичність результатів експериментів і обмеженість числа експериментів N призводять до того, що в загальному випадку $E \neq \hat{E}$.

Величина $\varepsilon = |E - \hat{E}|$ називається точністю оцінки, а ймовірність $Q = P\{|E - \hat{E}| < \varepsilon\}$ – її достовірністю.

Величину $\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{E}$ називають відносною точністю, а ймовірність

$$Q_0 = P\left\{\frac{|E - \hat{E}|}{E} < \varepsilon\right\}$$

відносною достовірністю оцінки.

Для того щоб за заданими ε , Q визначити число експериментів N або, навпаки, за заданим значенням N знайти точність ε і достовірність Q , необхідно знати закон розподілу, принаймні, величини точності ε . Однак апіорі він невідомий. Дана складність долається висуванням припущення про характер закону розподілу випадкової величини оцінки \hat{E} .

Наприклад, нехай метою експериментів з імітаційної моделлю є отримання оцінки \hat{p} ймовірності появи деякої події A – $p = P(A)$. В даному випадку $E = p$, $\hat{E} = \hat{p}$.

Оцінка \hat{p} може розглядатися як $\hat{p} = \frac{m}{N}$, де m – число появ події A в N експериментах.

Тоді достовірність Q визначається виразами:

$$Q = P\left\{\left|p - \frac{m}{N}\right| < \varepsilon\right\},$$

$$Q = P\left\{p - \varepsilon < \frac{m}{N} < p + \varepsilon\right\}.$$

Оцінку \hat{p} можна подати як

$$\hat{p} = \frac{1}{N} \sum_{i \in \{1, N\}} x_i,$$

де x_i – результат реалізації деякої випадкової величини ξ , яка приймає значення 1, коли подія А відбувається, і значення 0, коли подія А не відбувається. При цьому $x_i = 1$ з імовірністю p , а $x_i = 0$ з імовірністю $(1-p)$.

Визначимо математичне очікування $M[\xi]$ і дисперсію $D[\xi]$ випадкової величини ξ :

$$M[\xi] = x_1 p + x_0 (1-p) = 1 \cdot p + 0 \cdot (1-p) = p;$$

$$D[\xi] = (x_1 - M[\xi])^2 p + (x_0 - M[\xi])^2 (1-p) = (1-p)^2 p + (0-p)^2 (1-p) = p(1-p).$$

Отримані значення $M[\xi] = p$, $D[\xi] = p(1-p)$ використовуємо для визначення математичного очікування і дисперсії оцінки $\hat{p} = M[\hat{p}]$, $D[\hat{p}]$:

$$M[\hat{p}] = M\left[\frac{m}{N}\right] = M\left[\frac{1}{N} \sum_{i \in 1, N} x_i\right] = \frac{1}{N} M\left[\sum_{i \in 1, N} x_i\right] = \frac{1}{N} \sum_{i \in 1, N} M[x_i] = \frac{1}{N} N \cdot M[\xi] = M[\xi] = p;$$

$$D[\hat{p}] = D\left[\frac{m}{N}\right] = \frac{1}{N^2} D\left[\sum_{i \in 1, N} x_i\right] = \frac{1}{N^2} \sum_{i \in 1, N} D[x_i] = \frac{1}{N^2} N \cdot D[\xi] = \frac{1}{N} p(1-p).$$

Те, що $M[\hat{p}] = p$, означає незсуненість оцінки \hat{p} .

З центральної граничної теореми теорії ймовірностей випливає, що $\hat{p} = \frac{m}{N}$ за досить великих значень N можна розглядати як випадкову величину, яка описується нормальним законом розподілу ймовірностей з математичним очікуванням $M[\hat{p}] = p$ та дисперсією $D[\hat{p}] = \frac{1}{N} p(1-p)$.

Тому для визначення достовірності оцінки скористаємося співвідношенням:

$$Q = P\left\{p - \varepsilon < \frac{m}{N} < p + \varepsilon\right\} = \Phi_0\left(\frac{p + \varepsilon - p}{\sqrt{p(1-p)}} \sqrt{N}\right) - \Phi_0\left(\frac{p - \varepsilon - p}{\sqrt{p(1-p)}} \sqrt{N}\right),$$

де Φ_0 – стандартна функція, що зветься інтегралом Лапласа.

Виходячи з властивості симетрії кривої нормального закону розподілу, що означає

$$\Phi_0(-z) = 1 - \Phi_0(z),$$

для розглянутого випадку отримуємо:

$$\Phi_0\left(\frac{p - \varepsilon - p}{\sqrt{p(1-p)}} \sqrt{N}\right) = 1 - \Phi_0\left(\frac{p + \varepsilon - p}{\sqrt{p(1-p)}} \sqrt{N}\right).$$

З урахуванням цього співвідношення вираз для достовірності оцінки набуває вигляду:

$$Q = \Phi_0\left(\frac{p + \varepsilon - p}{\sqrt{p(1-p)}} \sqrt{N}\right) - 1 + \Phi_0\left(\frac{p + \varepsilon - p}{\sqrt{p(1-p)}} \sqrt{N}\right).$$

Елементарні перетворення дозволяють отримати співвідношення

$$\Phi_0\left(\frac{\varepsilon \sqrt{N}}{\sqrt{p(1-p)}}\right) = \frac{1+Q}{2}.$$

З чого випливає, що

$$\frac{\varepsilon \sqrt{N}}{\sqrt{p(1-p)}} = t_\varphi, \quad (4.7)$$

де t_φ – квантиль нормального закону розподілу ймовірностей порядку

$$\varphi = \frac{1+Q}{2},$$

значення якого наводяться у спеціальних таблицях.

З виразу (4.7) визначається точність

$$\varepsilon = t_{\varphi} \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}, \quad (4.8)$$

яка обернено пропорційна \sqrt{N} .

З виразу (4.8) нескладно розрахувати число експериментів N , необхідних для отримання оцінки \hat{p} з точністю ε і достовірністю Q :

$$N = t_{\varphi}^2 \frac{p(1-p)}{\varepsilon^2}. \quad (4.9)$$

Виразами (4.8), (4.9) для визначення точності ε і числа експериментів N можна було б користуватися, якби було відомо значення ймовірності p .

На практиці для визначення p проводиться, так зване, попереднє моделювання, яке полягає у реалізації $N = N_0$ експериментів, за

результатами яких визначається значення $p_0 = \frac{m}{N_0}$, яке і приймається як значення p , тобто $p = p_0$.

Зауважимо, що з виразу (4.9) для числа експериментів N випливає істотна залежність значення N від дисперсії оцінюваної випадкової величини

$D[\hat{p}] = \frac{1}{N} p(1-p)$. Тому, очевидно, вигідно з точки зору витрат ресурсів на проведення експериментів вибирати такі оцінювані показники ефективності модельованої системи S , які мають малі значення дисперсії, що призводить до незначного числа необхідних експериментів.

Правило автоматичної зупинки експерименту реалізується в підпрограмі (ПП) закінчення імітації. Це правило включається в зазначену ПП зазвичай двома способами:

- на основі виразу (4.9);
- на основі припущення про розподіл ймовірностей вихідних характеристик.

Перший спосіб реалізується шляхом дворазового прогону, коли спочатку виконується прогін з N_0 експериментів, що дозволяє отримати

значення $p_0 = \frac{m}{N_0}$, яке прирівнюється до значення p , тобто $P = p_0$, у виразі (4.9). Після цього визначається N за допомогою (4.9), яке і використовується як критерій зупинки експериментів. При цьому, якщо $N_0 \geq N$, то експерименти завершуються відразу, а якщо $N_0 < N$, то необхідно виконати другий прогін, реалізуючи $N - N_0$ експериментів, і завершити виконання експериментів.

Другий спосіб полягає в реалізації послідовного аналізу для визначення мінімально необхідного числа експериментів N . Практика показує, що використання цього способу дозволяє одержати таке число експериментів N , яке часто у два рази менше числа N , одержуваного на основі першого способу, що призводить до явного скорочення використовуваних ресурсів.

Відповідно до другого способу число N розглядається як випадкова величина, що залежить від результатів $(N - 1)$ попередніх експериментів.

У послідовному аналізі обсяг вибірки, тобто значення N , не фіксується. Після чергового i -го експерименту приймається одне з можливих рішень:

- прийняти деяку гіпотезу;
- прийняти альтернативну гіпотезу;
- продовжити експеримент, тобто провести наступний $(i + 1)$ експеримент.

Таке послідовне планування процесу проведення експериментів ґрунтується на принципі максимальної правдоподібності і послідовній перевірці статистичних гіпотез, сутність чого полягає в наступному.

Передбачається, що розподіл генеральної сукупності характеризується функцією густини ймовірностей $Y = f(y, \theta)$ з невідомим параметром θ .

Висуваються дві гіпотези – H_0 і H_1 . Гіпотеза H_0 полягає в тому, що значення невідомого параметра θ дорівнює θ_0 , тобто $\theta = \theta_0$. Інша гіпотеза H_1 полягає в тому, що $\theta = \theta_1$.

Висунуті гіпотези перевіряються на підставі вибірки наростаючого об'єму m .

Ймовірність отримання вибірки об'ємом m за умови, що вірна гіпотеза H_0 , дорівнює

$$P_{0m} = f(y_1, \theta_0) \cdot f(y_2, \theta_0) \cdot \dots \cdot f(y_m, \theta_0).$$

Ця ж ймовірність, але за умови, що вірна гіпотеза H_1 , визначається як

$$P_{1m} = f(y_1, \theta_1) \cdot f(y_2, \theta_1) \cdot \dots \cdot f(y_m, \theta_1).$$

Процедура перевірки правильності висунутих гіпотез реалізується на основі відношення правдоподібності $\frac{P_{1m}}{P_{0m}}$.

Після кожного чергового експерименту визначаються P_{1m} та P_{0m} з подальшою перевіркою умов і прийняття рішення:

- якщо $\frac{P_{1m}}{P_{0m}} \leq B$, то приймається гіпотеза H_0 ;

- якщо $\frac{P_{1m}}{P_{0m}} < A$ або $\frac{P_{1m}}{P_{0m}} > B$, то експерименти продовжуються;

- якщо $\frac{P_{1m}}{P_{0m}} \geq A$, то приймається гіпотеза H_1 .

У зазначених умовах $0 < B < 1$, $A > 1$, $m \in \overline{1, N}$.

Для забезпечення збіжності необхідно, щоб

$$A \leq \frac{1-\beta}{\alpha}; \quad B \geq \frac{\beta}{1-\alpha},$$

де α – ймовірність помилки першого роду, тобто це ймовірність відкинути гіпотезу H_0 , якщо вона вірна;

β – ймовірність помилки другого роду, тобто це ймовірність прийняти гіпотезу H_1 , якщо вона помилкова.

4.3. Дворівнева концепція моделювання складних технологічних процесів буряківництва

При управлінні різними технологічними процесами необхідно забезпечити в реальному масштабі часу розрахунок і оптимізацію режиму, який гарантовано буде лежати в області допустимих режимів. Методи, які зазвичай застосовують, мало підходять для вирішення завдань такого класу

через можливість появи довільних неконтрольованих помилок в кінцевих результатах при наявності похибок у вихідних даних. Тому при управлінні такими об'єктами доводиться орієнтуватися на найнесприятливіше поєднання чинників невизначеності і використовувати стратегію гарантованого результату.

До теперішнього часу математичне моделювання дискретних слабо структурованих процесів і систем, для яких характерні множина критеріїв, стохастичність, інтервальність або нечіткість значень вихідних даних, все ще знаходиться у зародковому стані. Як варіант вирішення цієї проблеми пропонується концепція дворівневого моделювання в умовах невизначеності (рис.4.6). На нижньому рівні здійснюється моделювання вихідних даних на базі експертного оцінювання, статистичного моделювання та розрахунків параметрів РО. Математичне моделювання верхнього рівня забезпечує постановки багатокритеріальних математичних задач.

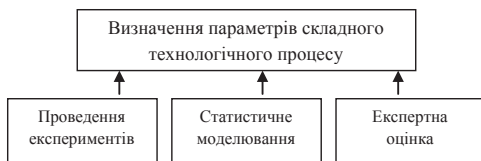


Рис. 4.6. Схема дворівневої концепції моделювання ТП

Задача управління технологічним процесом вирощування ЦБ є багатокритеріальною внаслідок того, що окремі технологічні операції мають власні локальні критерії. Основними критеріями на етапі передпосівного обробітку ґрунту є створення сприятливих умов для забезпечення максимальної польової схожості насіння, а на етапі сівби - точність розміщення сходів за коефіцієнтом варіації, що разом підвищує ефективність "стартового" розвитку рослин [135]. На значення цих критеріїв впливає значна кількість некерованих факторів та параметрів технологічних процесів.

Таким чином, технологічні процеси передпосівного обробітку ґрунту та сівби буряків цукрових необхідно моделювати на двох рівнях: по-перше, необхідно обчислити значення параметрів технологічного процесу, які залежать від низки некерованих факторів; по-друге, треба вирішити багатокритеріальну задачу оптимізації технологічного процесу. Аналіз показує, що задачі нижнього рівня вирішуються шляхом проведення

експериментів, залученням експертів або методом статистичного моделювання. Проте задача верхнього рівня – аналітичними методами оптимізації. Це обумовлює необхідність розробки не тільки моделей різних рівнів моделювання, а також і моделей сполучення.

4.3.1. Типові математичні схеми аналітичних моделей основних видів процесів

Розроблення аналітичної моделі реалізується на основі математичної схеми, під якою розуміється апарат чи засіб математики, що дозволяє найбільш повно відобразити характер досліджуваного процесу [91]. Прикладами математичних схем є диференціальні рівняння, скінченно-різницеві рівняння та ін.

До основних видів процесів у складних системах відповідно до характеру їх перебігу відносять неперервні, дискретні, детерміновані, стохастичні. Найбільш часто об'єктами дослідження є поєднання зазначених основних видів: неперервно-детерміновані, дискретно-детерміновані, дискретно-стохастичні і неперервно-стохастичні процеси. Для розроблення аналітичних моделей цих процесів використовуються відповідні математичні схеми, що визначаються як типові математичні схеми.

Для розроблення аналітичної моделі неперервно-детермінованих процесів в якості типової математичної схеми використовуються диференціальні рівняння; для дискретно-детермінованих – скінченні автомати; для дискретно-стохастичних – імовірнісні автомати; для неперервно-стохастичних – системи масового обслуговування.

Проблем концептуального характеру не виникає, коли всі процеси в системі одного виду, тобто всі, наприклад, неперервно-детерміновані або дискретно-детерміновані. У такому випадку модель системи подається системою моделей, кожна з яких відображає відповідний процес і розроблена на основі певної типової математичної схеми, загальної для всіх моделей. Таким чином, якщо в системі протікають кілька неперервно-детермінованих процесів, то їх моделлю може бути система диференціальних рівнянь.

Додаткові складнощі виникають, коли в системі протікають кілька процесів різного виду. Складнощі обумовлюються тим, що моделі процесів різного виду, як правило, не сполучаються в систему моделей.

Подолання зазначеної складності призвело до розроблення уніфікованої математичної схеми, що дозволяє одноманітно відображати різні види процесів. Групою вчених під керівництвом професора Бусленко

Н.П. У 60-х роках минулого століття була запропонована уніфікована математична схема, яка названа агрегатом [25]. Всі раніше зазначені типові математичні схеми є окремими випадками агрегату і можуть бути отримані з нього шляхом введення певних обмежень або умов.

Реальні складні системи, як правило, досліджуються за допомогою двох видів математичних моделей: аналітичної та імітаційної, а також на основі їх спільного використання (комбіноване моделювання) [93,133,141].

В аналітичних моделях функціонування складної системи представляється системою функціональних співвідношень, які можуть доповнюватися різноманітними логічними умовами. Часто така система є системою диференціальних, скінченно-різницевих та інших видів рівнянь.

Найбільш повні дослідження за допомогою аналітичного моделювання вдається провести, коли отримують явні залежності між величинами, що характеризують досліджувану якість реальної системи, і параметрами системи. Для отримання таких залежностей доводиться спрощувати явища, які спостерігаються в реальних системах.

Коли явища в системі настільки складні, що їх спрощення стає занадто грубим наближенням до дійсності, слід відмовитися від аналітичного моделювання і використовувати для дослідження подібних систем імітаційне моделювання.

4.3.2. Сутність імітаційного моделювання та його використання для моделювання складних технологічних процесів буряківництва

Імітаційне моделювання не передбачає тих спрощень явищ у реальній системі, які необхідні для реалізації аналітичного моделювання. В імітаційній моделі функціонування складної системи подається набором алгоритмів. Ці алгоритми на основі фактичних значень параметрів і відомостей про початковий стан системи дозволяють відтворити функціонування системи в кожній конкретній ситуації.

Найбільш часто імітаційне моделювання використовується в наступних випадках:

- коли імітаційне моделювання виявляється єдиною можливістю дослідження складної системи через труднощі спостереження явищ у реальних умовах;

- коли необхідно дослідити процеси у складній системі шляхом їх штучного уповільнення або прискорення;

- при підготовці фахівців для роботи з новою технікою, коли імітаційна модель є засобом для придбання навичок експлуатації нової техніки;

- коли вивчаються нові ситуації у складних системах, про які мало що відомо або невідомо нічого, і тому імітаційна модель є єдиним засобом для перевірки стратегій і правил поведінки в нових ситуаціях;

- коли особливе значення має послідовність подій у складній системі й імітаційна модель використовується для виявлення можливих «вузьких місць» та інших труднощів у функціонуванні системи, що вивчається, при введенні до неї нових елементів.

До основних достоїнств імітаційного моделювання відносять:

- можливість опису явищ і процесів у складних системах на високому рівні деталізації;

- відсутність обмежень на вигляд залежностей функціональних відносин, використовуваних для опису функціонування складних систем (нелінійність, нестационарність, стохастичність і т.д.);

- можливість дослідження динаміки взаємодії елементів і компонентів системи у просторі параметрів і в часі.

Однак є й недоліки імітаційного моделювання:

- розроблення імітаційної моделі складної системи, як правило, вимагає досить великих витрат ресурсів і часу;

- імітаційна модель як будь-яка модель не є точною, але при цьому ступінь неточності оцінити важко або неможливо.

Термін «імітаційне моделювання» означає, що за допомогою таких математичних моделей результат не обчислюється. Результат, який цікавить дослідника, за допомогою імітаційного моделювання отримують на основі обробки експерименту (імітації) на моделі при заданих вихідних даних. Експеримент при цьому полягає в реалізації алгоритму або множини алгоритмів, що відображають функціонування досліджуваної системи. Імітація являє собою чисельний метод проведення на комп'ютері експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складної системи протягом заданого або того періоду часу, що формується.

4.3.3. Принципи побудови моделі двосидного технологічного процесу на основі агентної парадигми

Імітаційне моделювання являє собою процес побудови узагальненої моделі системи з алгоритмічним описом основних правил її поведінки та процесів. Зазвичай імітаційна модель створюється для відповіді на питання

«що, якщо ...», тобто для дослідження можливих сценаріїв розвитку системи при варіації певних параметрів. Після створення моделі з нею проводять численні симуляції - імітаційні експерименти. Під час них іде ітераційний процес уточнення або відкидання гіпотез, що використовувалися для опису системи. Такий підхід дозволяє отримати аналог експерименту в різних галузях, зокрема у сільському господарстві.

Можливий перелік практичних задач, до яких ефективно застосовується імітаційне моделювання, можна умовно розташувати на різних рівнях. На найдетальнішому рівні знаходиться так зване фізичне моделювання, де розглядаються конкретні матеріальні об'єкти з їх точними розмірами, відстанями, швидкостями, прискореннями та часом. Моделі виробництв з конвеєрами, верстатами, операторами розташовані вище, оскільки зазвичай тут є можливість абстрагуватися від точних фізичних траєкторій і часу та використовувати їх усереднені значення або стохастичні моделі.

Агентне моделювання є особливим типом імітаційного моделювання, яке об'єднує переваги традиційних дискретно-подійних та моделей системної динаміки. Основу цього підходу до моделювання складають агентно-орієнтовані моделі (АОМ). АОМ — спеціальний клас обчислюваних моделей, що базуються на індивідуальній поведінці агентів.

В основі агентно-орієнтованих моделей лежать три основні ідеї [169]:

- 1) об'єктна орієнтованість;
- 2) здатність агентів до навчання (або їх еволюція);
- 3) складність обчислень.

Домінуючим методологічним підходом є підхід, при якому обчислюється рівновага або псевдорівновага системи, що містить у собі безліч агентів. При цьому, власне моделі, використовуючи прості правила поведінки, можуть видавати вельми цікаві результати. АОМ складаються з агентів, що динамічно взаємодіють за певними правилами. Середовище, в якому вони взаємодіють, може бути достатнє складним.

Вважається, що АОМ доповнюють традиційні аналітичні методи. Останні дозволяють нам охарактеризувати рівновагу системи, а АОМ — досліджувати можливість отримання такого стану. АОМ можуть пояснити причину виникнення таких явищ, як: терористичні організації, війни, обвалення ринку акцій та ін. В ідеалі АОМ можуть допомогти ідентифікувати критичні моменти часу, після настання яких надзвичайні наслідки матимуть незворотній характер.

На відміну від системної динаміки або дискретно-подійних моделей у рамках агентно-орієнтованого моделювання не існує такого місця, де б централізовано визначалася динаміка системи в цілому. Замість цього аналітик визначає поведінку на індивідуальному рівні, а глобальна поведінка виникає як результат діяльності багатьох агентів, кожен з яких слідує своїм власним правилам, живе в загальному середовищі і взаємодіє з середовищем і з іншими агентами. Тому агентне моделювання (АМ) називають ще моделюванням від низу доверху.

На додаток до стандартних задач побудови моделі, практичне АМ потребує виконання наступних кроків:

- визначення агентів і теоретичних основ поведінки агентів;
- визначення взаємовідносин між агентами і теоретичних основ таких відносин;
- пошук платформи для АМ і розробка стратегії АМ моделі;
- отримання необхідних даних для агентів,
- перевірка (валідація) моделі поведінки агентів (на додаток до всієї моделі в цілому);
- запуск моделі та аналіз вихідних даних з точки зору зв'язку між поведінкою агентів на мікрорівні та поведінкою всієї системи в цілому.

Розглянемо кожен з етапів більш детально.

1) Визначення агентів з точним завданням їхньої поведінки та взаємодії з іншими агентами — це основа для розробки достовірних агентних моделей. Агенти — це ті, хто зазвичай приймають рішення в системі.

2) Як тільки агенти визначені, наступним головним завданням стає визначення поведінки агентів. Тут можна рекомендувати наступне:

а) знайти теоретичні основи поведінки агентів. Наприклад, можна почати з нормативної моделі і використовувати цю модель в якості відправної точки для розробки простої і наочної евристичної моделі поведінки;

б) можна також почати з поведінкової моделі, якщо є підходяща поведінкова теорія та результати її застосування виглядають адекватними;

в) коли поведінка окремих особистостей використовується в якості основи для агентних моделей існуючих або гіпотетичних систем, корисні техніки для застосування можна запозичити з інженерії знань і загального моделювання.

Загальна АМ поєднує парадигму агентного моделювання із ідеями з організаційної теорії, щоб визначити модель, яка є керованою цілями. Загальне моделювання корисно використовувати на початковій стадії

розробки агентної моделі. Загальне агентне моделювання може бути використано для поліпшення розуміння та перевірки правильності функціонування агентних моделей, для визначення, наскільки ці моделі правдоподібні, для демонстрації концепцій агентного моделювання всім зацікавленим сторонам і для тестування ідей про поведінку агентів у нестандартних ситуаціях.

Агентне моделювання є сучасним методом вивчення складних процесів, який дозволяє аналізувати зв'язок між поведінкою агентів на мікрорівні та її наслідками на макрорівні. Таким чином, ми доходимо висновку, що агентне моделювання є перспективним методом, який дозволяє глибше розуміти і пояснювати складні технологічні процеси.

Для представлення можливих дій агента та його взаємодії із зовнішнім середовищем необхідно мати інструмент, який дозволяє у формальному вигляді описувати поведінку агента. Поведінка агента покладена в основу його формальної архітектури (рис. 4.7). Формальна архітектура агента – це інструмент, який дозволяє проектувати поведінку агента із використанням чітких формальних методів. Формальна архітектура агента задається через опис середовища, в якому функціонує агент, сприйняття агентом цього середовища та його діями [169].

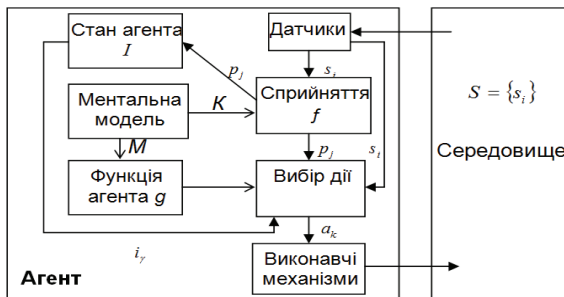


Рис.4.7. Формальна архітектура агента

Позначимо зовнішнє середовище агента за допомогою множини станів S . Можливі дії агента описуються за допомогою множини дій A . Абстрактно агент може представлятися як функція

$$g_s : S \rightarrow A,$$

тобто вибір конкретної дії із множини можливих дій агент здійснює на основі поточного стану зовнішнього середовища $s_i \in S$. При цьому дії агента можуть впливати на середовище, але не контролювати його повністю.

Для представлення агента зручно використовувати модель сприйняття зовнішнього середовища. Для цього вводиться множина можливих сприйнятів P та функція $f: S \rightarrow P$, яка описує, у який спосіб певні стани середовища сприймаються агентом. Тоді агент представляється за допомогою функції

$$g_p: P \rightarrow A,$$

тобто дія агента визначається у загальному випадку поточним сприйняттям стану зовнішнього середовища $p_j \in P$.

Модель агента із сприйняттям еквівалентна базовій. Проте вона дозволяє ввести наступну додаткову властивість агента: різні стани середовища можуть однаково сприйматися і навпаки – один стан може по-різному сприйматися агентом.

Іншим варіантом рішення задачі включення попередніх дій при виборі поточної дії є введення поняття стану агенту. При цьому вважається, що агент має певні внутрішні структури даних, які він модифікує в залежності від сприйняття поточного стану зовнішнього середовища, та на основі отриманих результатів обирає дію. Для формалізації цього процесу вводиться множина I внутрішніх станів агента та функція оновлення внутрішнього стану, яка відповідає за оновлення внутрішнього стану у відповідності до поточного сприйняття середовища:

$$h: I \times P \rightarrow I.$$

Тоді агент описується за допомогою функції

$$g_i: I \rightarrow A,$$

тобто дія обирається на основі поточного стану агента. Для коректного опису поведінки агента із станом необхідно визначати початковий стан i_0 .

Така архітектура агента має один суттєвий недолік, а саме – агент, що задається у такий спосіб, не отримує інформацію про здійснені ним дії, що обмежує його можливості у накопиченні досвіду та аналізі потенційних

наслідків його дій. Одним із можливих способів подолання цього недоліку є представлення інформації про дії агента як частину інформації про зовнішнє середовище, проте такий підхід не є наочним та інтуїтивно зрозумілим. Більш правильним вирішенням цієї проблеми є включення інформації про здійснювані дії явно у вхідні дані функції вибору дії:

$$g_A : (P \times A)^* \rightarrow A.$$

У такому вигляді агент явно отримує інформацію про вже здійснені дії та при виборі дії спирається на сприйняття станів навколишнього середовища.

Для агента із станом інформація про попередні дії враховується у функції оновлення стану:

$$h : I \times P \times A \rightarrow I.$$

Параметром функції оновлення стану є не послідовність усіх дій агенту, а тільки остання виконана дія.

При використанні підходів, заснованих на формальній логіці, функції сприйняття та вибору дії агента описується як набір тверджень, або правил, цієї логіки. При цьому агент підтримує базу знань, що містить множину тверджень формальної логіки, які описують причинно-наслідкові зв'язки між станами зовнішнього середовища та сприйняттями агента, а також між сприйняттями середовища та діями агента. Такий агент називається логічним агентом.

Агент, який обирає дію на основі поточного сприйняття, ігноруючи всю історію попередніх сприйнятів, є простим рефлексним агентом. Такий тип агентів є достатньо простим. У багатьох випадках для успішного функціонування агента можуть знадобитися знання двох видів. З одного боку, це інформація про те, як середовище змінюється незалежно від агента. З іншого боку, це знання про те, як власні дії агента впливають на середовище. Агент, який використовує такі знання про існування зовнішнього середовища, є рефлексним агентом, заснованим на моделі.

4.4 Дослідження технологічних процесів передпосівного обробітку ґрунту і сівби цукрових буряків

В основу побудови моделей технологій виробництва сільськогосподарських культур закладені типові технологічні карти, розроблені по природно-економічних зонах. Однак вони намічають загальні орієнтири, середні для зони. Щороку необхідно вносити зміни на конкретному полі залежно від погодних умов. При пошуку оптимального рішення на вибір технології та технологічного процесу треба знайти прийнятну форму запису, що сполучить сувору послідовність із детальністю аналізу ситуації на полі та у парку машин. Варто знати, яким чином можна досягти найвищої можливої врожайності, але при більших енерговитратах [82].

Послідовність побудови моделі здійснюється в такий спосіб:

1. Вибір джерел інформації.
2. Аналіз характеристик культури та зони оброблювання.
3. Визначення складу агрозаходів.
4. Визначення місця агрозаходів у технологічному ланцюжку.
5. Визначення характеристик агрозаходів.
6. Запис правил агротехніки.
7. Визначення параметрів моделі.
8. Синтез моделі технології

Ресурсозберігаючі технологічні процеси виробництва сільськогосподарських культур передбачають виконання робіт по раціональній організації і керуванню даним процесом при підвищенні універсальності засобів механізації за рахунок автоматизації цих процесів [54].

Сутність енергозберігаючих технологій виробництва продукції рослинництва полягає в тому, що ряд енергоємних технологічних процесів у типовій технології замінюють менш енергоємними і досягають раціонального агрегування сільськогосподарської техніки, але з умовою, що врожайність культури не знизиться.

4.4.1. Побудова математичної моделі двоєдиного технологічного процесу

Формально проблему, пов'язану з неефективною роботою технологічного процесу, можна описати таким чином. Є технологічний

процес, яким можна керувати шляхом зміни його параметрів. Існує необхідність підвищити ефективність технологічного процесу, змінюючи його керуючі параметри. При цьому технологічний процес повинен задовольняти виділеним в результаті проведеного аналізу особливостям.

1. Управління технологічним процесом здійснюється зміною його параметрів.

2. Регулювання параметрів можливе в досить широких межах.

3. Оцінку кінцевого результату управління можна отримати, виміривши характеристики після закінчення технологічного циклу.

4. Процес не має в явному вигляді функціональної залежності між його параметрами і вихідним результатом.

5. Побудова моделі технологічного процесу недоцільна.

Враховуючи наявність декількох критеріїв оцінки технологічних процесів доцільно розглянути багатокритеріальну постановку задачі ефективного керування технологічним процесом. Розглянемо формальну постановку задачі багатокритеріальної оптимізації.

Нехай f_1, \dots, f_q - критерії (цільові функції), за якими оцінюється ефективність технологічного процесу. Кожен з q критеріїв залежить від вектора параметрів (вхідних впливів) $x = (x_1, \dots, x_n)$ і важливість критеріїв описується коефіцієнтами відносної важливості (вагами) y_1, \dots, y_q . Критерії f_1, \dots, f_q утворюють вектор критеріїв $f = (f_1, \dots, f_q)$, а коефіцієнти y_1, \dots, y_q - ваговий вектор $y = (y_1, \dots, y_q)$. Критерії f_j , що входять до складу векторного критерію, будемо називати локальними. Кожному конкретному значенню параметрів технологічного процесу $x = (x_1, \dots, x_n)$ можна поставити у відповідність вектор оцінок $f(x) = (f_1(x), \dots, f_q(x))$. Тоді задачу прийняття рішення в загальному вигляді можна формалізувати наступним чином.

Знайти вектор параметрів технологічного процесу $x^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$, який забезпечує максимальні значення локальних критеріїв за умов відповідності вимогам та обмеженням цього технологічного процесу:

$$\max_{x \in X} f_i(x), \quad i = 1, \dots, q, \quad X = \{x : x \in \Omega, g_j(x) \geq b_j, j = 1, \dots, L\},$$

де: $f_i(x)$ - локальні критерії, значення яких або обчислюються за моделями, або отримані в результаті вимірювання;

$g_j(x) \geq b_j, j=1, \dots, L$ - функції обмежень, що визначають допустимі режими X технологічного процесу;

Ω - множина існуючих параметрів технологічного процесу.

Така постановка задачі відповідає класу задач багатокритеріальної оптимізації. До основних проблем такої постановки задачі управління технологічним процесом передпосівного обробітку та сівби БЦ слід віднести наступні: 1) неузгодженість; 2) неформалізований, якісний характер локальних критеріїв; 3) необхідність формалізації правил порівнянь рішень щодо отримання найкращого; 4) складність методів пошуку компромісного рішення.

Технологічні процеси передпосівного обробітку ґрунту та сівби можна представити в дискретно-статичному вигляді. Тоді з таким процесом можна взаємодіяти як з «чорним ящиком» протягом одного технологічного циклу. З метою зменшення складності задачі, а також вирішення проблеми подолання багатокритеріальності, в даній роботі запропоновано наступний підхід.

В результаті виконання послідовності технологічних операцій за умов певних фіксованих параметрів можна отримати кінцевий продукт з відповідним набором властивостей. Кінцевий результат можна розглядати як точку в просторі критеріїв якості технологічного процесу. Нехай $x = (x_1, \dots, x_n)$ - це така «точка», якій відповідає вектор значень локальних критеріїв $f(x) = (f_1(x), \dots, f_q(x))$, які описують властивості отриманого продукту, тобто результату технологічного процесу.

Тоді задачу оптимізації технологічних процесів можна розглядати, як задачу пошуку у просторі критеріїв якості технологічних процесів. З урахуванням особливостей технологічних процесів передпосівної обробки ґрунту та сівби, можна виділити наступні критерії:

f_1 – коефіцієнт варіації розміщення насіння,

f_2 – середня глибина обробітку,

f_3 – кількість грудочок діаметром до 50 мм.

На значення виділених критеріїв впливає багато керованих та некерованих факторів. Як показано у роботі [35], найбільш важливими показниками технологічного процесу висіву насіння ЦБ, які визначаються вибором параметрів робочих органів сівалки, є: маса насінини, початкова швидкість падіння насінини і кут нахилу її до горизонту, робоча швидкість сівалки, діаметр висівного диска та ін.. Відповідно, в якості змінних можна обрати наступні параметри, які утворюють компоненти вектору x :

x_1 – маса насінини,

- x_2 – початкова швидкість насінини,
- x_3 – кут нахилу до горизонту,
- x_4 – робоча швидкість сівалки.

Проведені дослідження [35] довели наявність зв'язку між параметрами $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ та значеннями локальних критеріїв $f(x)=f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$. Тому задачу підвищення ефективності технологічних процесів вирощування ЦБ можна розглядати як задачу пошуку у просторі критеріїв якості. Для вирішення цієї задачі можна використовувати відповідні математичні методи.

Порівняльний аналіз відомих алгоритмів пошукової оптимізації показав переваги запропонованого в роботі [129] методу конфігурацій, що деформуються, як найбільш придатного для вирішення поставленої задачі.

Таким чином, поєднуючи розглянуті в роботі методи, можна запропонувати наступну дворівневу схему вирішення задачі вибору параметрів технологічних процесів передпосівної обробки ґрунту та сівки (рис. 4.8).

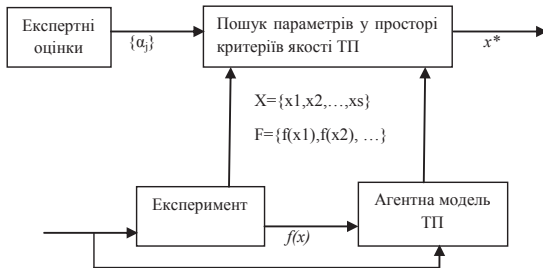


Рис. 4.8. Схема задачі моделювання параметрів ТП

Аналіз науково-технічної і сільськогосподарської літератури показав, що в більшості випадків рекомендації з агрозаходів можуть бути зведені до форми "Якщо ..., то ...", так що в лівій частині фрази стоять умови, а в правій – рекомендації з агрозаходів або значення їх характеристик. При описі міжрядного обробітку ґрунту в літературі докладно викладають, у яких умовах застосовується той або інший вид і глибина обробітку.

Саме агентне моделювання і є тим інструментом, який дозволяє отримати бажані відповіді, адже основна суть методу – це увага до мікрорівня взаємодії самих «учасників» досліджуваного процесу. Основними компонентами агентного моделювання є визначення [169]: 1) «агентів»

(agents); 2) середовища (environment); 3) правил (rules). Інакше кажучи, агентна модель (і, власне, агентне моделювання) – це сукупність агентів, які взаємодіють у певному середовищі відповідно до деяких правил, визначених дослідником.

Серед цих компонентів ключовим для розуміння суті підходу є визначення поняття «агент». Можна бачити, в першу чергу акцент робиться на тому, що агенти – це об’єкти з певним унікальним (у рамках конкретної моделі) набором характеристик, які здатні діяти автономно в певному середовищі і які взаємодіють з іншими агентами.

Другим компонентом агентного моделювання є середовище, де між собою взаємодіють агенти. Роль середовища у моделі може бути різною – від просто інформування про просторове розміщення агентів до визначального впливу на стан і поведінку агентів. Іншими словами, в одних моделях середовище може просто надавати інформацію про те, в якому конкретно місці зараз перебуває агент. В інших моделях кожне місце в середовищі може містити додаткову інформацію, яка впливає на стан і поведінку агентів.

Третім компонентом агентного моделювання є правила. Два попередні компоненти складають «оболонку» моделі, основний структурний вигляд. Правила наповнюють модель «життям». Правила визначають, на досягнення яких цілей орієнтуються агенти, як вони поведуться, як вони оцінюють і реагують на своє середовище, на стан навколишніх агентів-сусідів.

У роботі знання та правила, якими володіє рефлексний агент, заснований на моделі, пропонується формалізувати за допомогою методів теорії інтелекту, зокрема методу компараторної ідентифікації [14]. Тоді функція сприйняття має вигляд

$$f_K : S \xrightarrow{K} P$$

та функція вибору дії –

$$g_M : (P \times A)^* \xrightarrow{M} A$$

для агента, заснованого на моделі, що описується компаратором.

Компаратор реалізує предикат $K(y_1, y_2, \dots, y_m) = t$, що відповідає відношенню K , в якому знаходяться вхідні сигнали y_1, y_2, \dots, y_m . При цьому t – це двійкова реакція компаратора, $t \in \Sigma, \Sigma = \{1, 0\}$. До входів компаратора

підключені своїми виходами ідентифіковані інформаційні процеси f_1, f_2, \dots, f_m . Інформаційні процеси представляють механізми сприйняття вхідних фізичних сигналів x_1, x_2, \dots, x_m . Компаратор разом із підключеними до нього інформаційними процесами називається ідентифікованим об'єктом. Предикат об'єкта $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = t$ виражається у вигляді $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = K(f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_m(x_m))$. Сигнали $y_1 = f_1(x_1)$, $y_2 = f_2(x_2)$, ..., $y_m = f_m(x_m)$ є внутрішніми станами об'єкта, недоступними для спостереження. Об'єкт із двома вхідними сигналами показано на рис. 4.9.

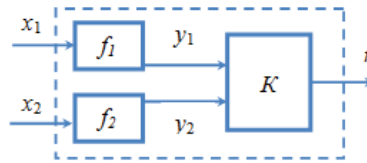


Рис 4.9. Об'єкт із двома вхідними сигналами

Таким чином, визначивши правила взаємодії агентів із зовнішнім середовищем, цілком можливо надати детальну модель технологічного процесу. Агенти у цьому випадку моделюють окремі робочі органи сільськогосподарських машин, моделі яких розглянуто в інших розділах. Середовищем, в якому взаємодіють агенти, є агрокліматичні умови технологічних процесів. Параметри середи, які мають вплив на результати діяльності агентів, моделюються на основі статистичних моделей з урахуванням випадковості домінуючих факторів. В результаті імітаційного експерименту з агентною моделлю можливо отримати характеристики ґрунту, що є важливими для технологічних процесів передпосівного обробку та сівби. Отримані значення є вихідною інформацією для одного циклу оптимізації, заснованої на алгоритмі методу конфігурацій, що деформуються.

4.4.2 Планування експериментів у методі імітаційного моделювання

Реальні складні системи, як правило, досліджуються за допомогою двох видів математичних моделей: аналітичної та імітаційної, а також на основі їх спільного використання (комбіноване моделювання). В аналітичних моделях функціонування складної системи представляється системою функціональних співвідношень, які можуть доповнюватися різноманітними

логічними умовами. Часто така система є системою диференціальних, скінченно-різницевих та інших видів рівнянь.

Найбільш повні дослідження за допомогою аналітичного моделювання вдається провести, коли отримують явні залежності між величинами, що характеризують досліджувану якість реальної системи, і параметрами системи. Для отримання таких залежностей доводиться спрощувати явища, які спостерігаються в реальних системах.

Коли явища в системі настільки складні, що їх спрощення стає занадто грубим наближенням до дійсності, слід відмовитися від аналітичного моделювання і використовувати для дослідження подібних систем імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання не передбачає тих спрощень явищ у реальній системі, які необхідні для реалізації аналітичного моделювання. В імітаційній моделі функціонування складної системи подається набором алгоритмів. Ці алгоритми на основі фактичних значень параметрів і відомостей про початковий стан системи дозволяють відтворити функціонування системи в кожній конкретній ситуації.

Найбільш часто імітаційне моделювання використовується в наступних випадках:

- коли імітаційне моделювання виявляється єдиною можливістю дослідження складної системи через труднощі спостереження явищ у реальних умовах;

- коли необхідно дослідити процеси у складній системі шляхом їх штучного уповільнення або прискорення;

- при підготовці фахівців для роботи з новою технікою, коли імітаційна модель є засобом для придбання навичок експлуатації нової техніки;

- коли вивчаються нові ситуації у складних системах, про які мало що відомо або невідомо нічого, і тому імітаційна модель є єдиним засобом для перевірки стратегій і правил поведінки в нових ситуаціях;

- коли особливе значення має послідовність подій у складній системі й імітаційна модель використовується для виявлення можливих «вузьких місць» та інших труднощів у функціонуванні системи, що вивчається, при введенні до неї нових елементів.

До основних достоїнств імітаційного моделювання відносять:

- можливість опису явищ і процесів у складних системах на високому рівні деталізації;

- відсутність обмежень на вигляд залежностей функціональних відносин, використовуваних для опису функціонування складних систем (нелінійність, нестационарність, стохастичність і т.д.);

- можливість дослідження динаміки взаємодії елементів і компонентів системи у просторі параметрів і в часі.

Однак є й недоліки імітаційного моделювання:

- розроблення імітаційної моделі складної системи, як правило, вимагає досить великих витрат ресурсів і часу;

- імітаційна модель як будь-яка модель не є точною, але при цьому ступінь неточності оцінити важко або неможливо.

Термін «імітаційне моделювання» означає, що за допомогою таких математичних моделей результат не обчислюється. Результат, який цікавить дослідника, за допомогою імітаційного моделювання отримують на основі обробки експерименту (імітації) на моделі при заданих вихідних даних. Експеримент при цьому полягає в реалізації алгоритму або множини алгоритмів, що відображають функціонування досліджуваної системи. Імітація являє собою чисельний метод проведення на комп'ютері експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складної системи протягом заданого або того періоду часу, що формується.

У разі використання автоматизованої системи моделювання програмна модель створюється автоматично на основі заданої математичної схеми, вихідних параметрів системи, що задаються дослідником, зовнішнього середовища і особливостей функціонування системи.

Перевірку здійсненності вимог до моделі для багатьох складних систем реалізувати важко з кількох причин. На практиці перевірку здійсненності вимог до моделей реалізують за допомогою кількох перевірок, результати яких аналізуються експертами. Перевіркам піддаються моделі всіх структурних елементів і зв'язків між ними, модель зовнішнього середовища для досліджуваної системи і т.д.

Найчастіше виконуються наступні види перевірок:

- перевірка моделей елементів досліджуваної системи, результатом якої може бути подальша деталізація елементів;

- перевірка моделей зовнішніх впливів, результатом якої може бути зміна припущень, гіпотез щодо характеру впливів;

- перевірка концептуальної моделі, результати якої можуть змінити постановку задачі;

- перевірка прийнятої математичної схеми на відповідність характеру процесів у досліджуваній системі;

- перевірка способів вимірювання і обчислення параметрів, що дозволяє виявити значення відповідних похибок;

- перевірка програмної реалізації моделі.

Якщо за результатами перевірок виявляється неприпустима неузгодженість моделі та досліджуваної системи, то виникає необхідність у коригуванні чи калібруванні моделі. Виділяються три основних види змін: глобальні, локальні і параметричні.

Глобальні зміни проводяться при виявленні у концептуальній моделі методичних помилок, які усуваються шляхом побудови нової моделі.

Локальні зміни пов'язуються з розробкою нових моделей окремих елементів, зв'язків або впливів.

До параметричних змін відносять зміни значень деяких, так званих калібрувальних параметрів у заздалегідь встановлених межах.

Перевірка здійсненності вимог до моделі реалізується на основі процесів верифікації та валідації моделі. Верифікація стосується програмної реалізації імітаційної моделі. Вона включає в себе перевірку правильності функціонування моделі. Рекомендується, щоб процес верифікації був неперервним. При цьому доцільно використовувати контролери та відладчики, що надаються засобами автоматизованої розробки імітаційних моделей.

Валідація дозволяє упевнитися, що розроблена концептуальна модель дійсно є поданням реальної системи. Процес валідації націлений на перевірку того, чи можна замінити реальну систему розробленою моделлю в цілях дослідження. Якщо реальна система існує, то найкращим способом виконати валідацію буде порівняння виходів моделі з виходами реальної системи. Однак при розробленні нової системи бази для порівняння не існує, тому дослідники користуються іншими способами валідації.

Планування та проведення експериментів реалізується з метою отримання статистик моделювання, обробка яких дозволяє визначити шукані параметри. План експериментів являє собою певний порядок наборів поєднань значень варійованих параметрів (факторів). Число наборів визначає число експериментів. Основне завдання планування експериментів, що проводяться з моделлю на комп'ютері, полягає в отриманні всієї необхідної інформації про досліджувану систему при мінімальних або обмежених витратах ресурсів комп'ютера на реалізацію процесу отримання статистик моделювання.

Аналіз результатів моделювання реалізується після обробки статистик моделювання методами кореляційного, дисперсійного та регресійного

аналізу. До аналізу результатів моделювання належить завдання аналізу чутливості моделі до варіацій її параметрів. Зокрема, перевіряється стійкість вихідних параметрів до можливих змін параметрів системи і зовнішнього середовища.

На основі аналізу результатів моделювання уточнюються параметри моделі, що призводить до корекції концептуальної моделі, шукається можливість створення аналітичної моделі досліджуваної системи або визначаються вагові коефіцієнти у критерії ефективності.

Обов'язковою умовою успішного імітаційного дослідження є документування і складання звітів. Якщо імітаційна модель буде повторно використовуватися тим же або іншим аналітиком, можливо знадобиться повернутися до розуміння того, як вона побудована і функціонує. Документовані звіти підвищують впевненість при прийнятті рішень. Також документація вкрай корисна в разі, якщо модель потребує змін. Звіти про результати імітаційного дослідження необхідні для прийняття рішень, що стосуються модельованої системи.

У кінцевому підсумку результати моделювання використовуються для прийняття рішення про працездатність системи або про вибір оптимального варіанта з множини допустимих з урахуванням критерію, який виражає ефективність.

4.4.3 Обробка та аналіз результатів експериментів з моделями систем

З визначення імітаційного моделювання випливає важлива роль, яка відводиться організації та проведенню експериментів з імітатором для отримання статистик моделювання, що характеризують поведінку компонент складної системи в різних режимах функціонування. Основне завдання планування експериментів з імітатором полягає в отриманні всієї необхідної інформації про об'єкт моделювання при мінімальних або обмежених витратах ресурсів комп'ютера на реалізацію процесу моделювання.

Це завдання розв'язується підпрограмою статистики моделювання на основі теорії планування експериментів, ключовими поняттями якої є поняття фактора і реакції [141].

Якщо метою експерименту є вивчення впливу змінної x на змінну y , то x називається фактором, а y – реакцією. Кожен фактор y процесі експерименту приймає різні значення, які називаються рівнями. Кожному

фіксованому набору рівнів факторів відповідає певна точка в багатовимірному просторі, який називається факторним простором.

Положення точки у факторному просторі визначається набором рівнів факторів (x_1, x_2, \dots, x_k) і значенням реакції y , яка зв'язується з набором рівнів за допомогою функції реакції $\Psi - y = \Psi(x_1, x_2, \dots, x_k)$. Геометричне місце з m точок $y_l = \Psi(x_{1l}, x_{2l}, \dots, x_{kl})$ ($l \in \overline{1, m}$) утворює геометричний образ поверхні реакції.

Вид (структура) функції Ψ та її параметри часто є математичною моделлю досліджуваної системи. Для їх визначення проводяться експерименти, які повинні бути так організовані, щоб при мінімальних витратах ресурсів (наприклад, мінімальному числі експериментів) отримати правила варіювання рівнями факторів.

Фактори можуть бути керованими і некерованими, що спостерігаються і неспостережуваними, досліджуваними і такими, що не вивчаються, кількісними та якісними, фіксованими і випадковими.

Фактор є керованим, якщо його рівні цілеспрямовано вибираються в процесі експерименту. В іншому випадку фактор є некерованим.

Фактор є спостережуваним, якщо його рівні спостерігаються і реєструються. В іншому випадку фактор є неспостережуваним.

Спостережувані, але некеровані чинники називаються супутніми. Число таких є значним, і тому серед них враховуються тільки ті, які суттєво впливають на реакцію.

Фактор є досліджуваним, якщо він включається в модель для вивчення властивостей об'єкта. В іншому випадку фактор є такими, що не вивчається.

Фактор є кількісним, якщо його рівні представляються числовими величинами. Наприклад, у неперервно-стохастичних моделях, створюваних на основі теорії систем масового обслуговування, кількісними чинниками є інтенсивність вхідних потоків заявок на обслуговування, час обслуговування заявок каналом, а якісними факторами є правила постановки заявок в чергу перед початком обслуговування, порядок призначення каналу на обслуговування і т.д.

Фактор є фіксованим, якщо розглядаються всі його рівні. Якщо ж береться деяка випадкова вибірка рівнів фактора із сукупності можливих рівнів, то фактор є випадковим.

Імітатор вважається визначеним, якщо визначена вся множина істотних факторів і вона не змінюється у процесі даного експерименту.

Планом експерименту зазвичай передбачається одночасна зміна кількох чинників. Основними вимогами до сукупності одночасно змінюваних факторів є їх сумісність і незалежність.

Сумісність означає, що всі комбінації (поєднання) факторів здійсненні, а незалежність відповідає можливості встановити фактор на будь-якому рівні з множини допустимих незалежно від рівня інших факторів із сукупності одночасно змінюваних.

У теорії планування експериментів функція $\Psi(x_1, x_2, \dots, x_k)$ часто подається у вигляді полінома ступеня d від k факторів:

$$y = \hat{b}_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} \hat{b}_i x_i + \sum_{1 \leq i, j \leq k} \hat{b}_{ij} x_i x_j + \dots + \sum_{1 \leq i_1, i_2, \dots, i_k \leq k} b_{i_1, i_2, \dots, i_k} x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_k^{i_k}, \quad (4.10)$$

$$\text{де } \sum_{1 \leq j \leq k} i_j = d.$$

Поліном (4.10) має $C_{d+k}^d = \frac{(d+k)!}{d!k!}$ коефіцієнтів, які необхідно визначити на основі результатів експериментів.

Якщо $x_0 = 1$, $x_{k+1} = x_1^2$, $x_{k+2} = x_2^2$, $x_{2k+1} = x_k^2$, $x_{2k+2} = x_1 x_2$, $x_{2k+3} = x_1 x_3$, ..., $x_k = x_{k-(d-1)} x_{k-(d-2)} \dots x_{k-1} x_k$, де у виразі для x_k d співмножників, то вираз (4.10) подається однорідним лінійним рівнянням

$$y = \sum_{0 \leq \alpha \leq k} \hat{b}'_{\alpha} x_{\alpha}, \quad (4.11)$$

$$\text{де } \hat{b}'_0 = \hat{b}_0, \hat{b}'_1 = \hat{b}_1, \dots, \hat{b}'_k = \hat{b}_k, \hat{b}'_{k+1} = \hat{b}_{11}, \dots, \hat{b}'_{2k+1} = \hat{b}_{kk}, \hat{b}'_{2k+2} = \hat{b}_{12}, \dots, \hat{b}'_k = \hat{b}_{(k-(d-1)) \dots (k-1)k}.$$

Процес перетворення виразу (4.10) у вираз (4.11) покажемо на прикладі двофакторної моделі.

У цьому випадку вираз (4.10) має вигляд

$$y = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 x_1 + \hat{b}_2 x_2 + \hat{b}_{11} x_1^2 + \hat{b}_{22} x_2^2 + \hat{b}_{12} x_1 x_2. \quad (4.12)$$

Якщо припустити, що $x_0 = 1$ і до наявних позначень двох факторів x_1 , x_2 додати нові чинники, які позначають нелінійні елементи в розглянутій двофакторній моделі, тобто

$$x_3 = x_1^2, \quad x_4 = x_2^2, \quad x_5 = x_1 x_2,$$

то отримуємо наступний вираз вигляду (4.11) для моделі (4.12)

$$y = \sum_{0 \leq \alpha \leq 5} \hat{b}'_{\alpha} x_{\alpha}, \quad (4.13)$$

$$\text{де } \hat{b}'_0 = \hat{b}_0, \quad \hat{b}'_1 = \hat{b}_1, \quad \hat{b}'_2 = \hat{b}_2, \quad \hat{b}'_3 = \hat{b}_3, \quad \hat{b}'_4 = \hat{b}_{22}, \quad \hat{b}'_5 = \hat{b}_{12}.$$

Перевага виразу (4.11) перед (4.10) полягає в його лінійності, що спрощує отримання коефіцієнтів \hat{b}'_{α} у порівнянні з отриманням коефіцієнтів \hat{b}'_i . Однак при цьому необхідно мати на увазі, що підвищується розмірність задачі, тому що число визначених коефіцієнтів зростає ($k' > k$).

Поліном (4.10) містить C_{d+k}^d коефіцієнтів, які необхідно визначити на основі результатів експериментів. Тому план експериментів D повинен містити число точок N, в яких проводиться експеримент, що не менше числа визначених коефіцієнтів, тобто $N \geq C_{d+k}^d$.

План D представляється матрицею з рядками, що відповідають точкам факторного простору, в яких проводяться експерименти. Ця матриця має наступний вигляд:

$$D = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{21} & \dots & x_{k1} \\ x_{12} & x_{22} & \dots & x_{k2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1N} & x_{2N} & \dots & x_{kN} \end{pmatrix}, \quad (4.14)$$

де x_{in} ($i \in \overline{1, k}$, $n \in \overline{1, N}$) – рівень i-го фактора в експерименті n.

Реалізація експериментів у N точках факторного простору, координати яких записуються в N рядках матриці D, дозволяє отримати вектор спостережень (результатів експериментів): $y = \|y_1 \ y_2 \ \dots \ y_N\|^T$, де y_n (110

$n \in \overline{1, N}$) – реакція, що відповідає експерименту n у точці плану $\|x_{1n} \ x_{2n} \ \dots \ x_{kn}\|$.

Якщо модель, що зв'язує реакцію і фактори, визначається виразом (4.11), то план експериментів X повинен містити N точок, число яких також має бути не менше числа певних коефіцієнтів, тобто $N \geq k' + 1$.

План X , як і план D , представляється матрицею з рядками, що відповідають точкам факторного простору, в яких проводяться експерименти. Матриця, яка визначає план X , має наступний вигляд:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1k} & x_{1k+1} & \dots & x_{1N} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2k} & x_{2k+1} & \dots & x_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N1} & x_{N2} & x_{N3} & \dots & x_{Nk} & x_{Nk+1} & \dots & x_{NN} \end{pmatrix}, \quad (4.15)$$

де $x_{0n} = 1$ ($n \in \overline{1, N}$), x_{kn} ($k \in \overline{1, k'}$, $n \in \overline{1, N}$) – рівень фактора k в експерименті n .

Експеримент n , проведений в точці факторного простору, координати якої записуються в n -му рядку матриці X $\|x_{0n} \ x_{1n} \ x_{2n} \ \dots \ x_{kn} \ \dots \ x_{k'n}\|$, дозволяє визначити відповідне значення реакції

$$y_n = \hat{b}'_0 x_{0n} + \hat{b}'_1 x_{1n} + \hat{b}'_2 x_{2n} + \dots + \hat{b}'_k x_{kn} + e_n,$$

де e_n – помилка експерименту, яка передбачається незалежною, нормально розподіленою, випадковою величиною з математичним очікуванням $M[e_n] = 0$ і постійною дисперсією – $D[e_n] = \text{const}$.

Вибір рівнів факторів у планах експериментів D і X реалізується з урахуванням наступних рекомендацій.

Спочатку вибираються границі $x_{i \min}$ і $x_{i \max}$ області визначення факторів. Обрані межі визначають деяку локальну область G факторного простору. Для кожного фактора далі встановлюється основний або нульовий рівень x_{i0} та інтервал варіювання Δx_i . Наприклад, для лінійної двофакторної моделі

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$$

область G з нульовими рівнями факторів зображена на рис. .

На рис. 4.10 показано, що план експериментів будується шляхом варіювання кожного фактора x_i на декількох рівнях щодо вихідної точки x_{i0} , яка визначає центр експериментів.

План експериментів, в якому реалізуються всі можливі сполучення рівнів факторів, називається повним факторним експериментом (ПФЕ).

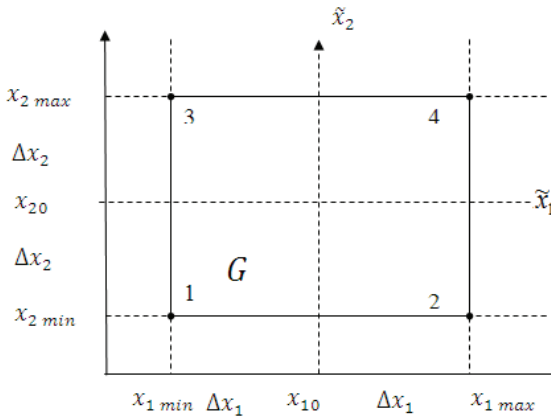


Рис.4.10. Область G з різними поєднаннями рівнів у 1-4-му експериментах

У тому випадку, коли структура моделі включає тільки лінійні члени полінома і добутки факторів, для оцінки коефіцієнтів моделі використовується план експериментів з варіюванням усіх k факторів на двох рівнях. Такі плани називаються планами 2^k , де $N = 2^k$ – число всіх можливих експериментів для оцінки коефіцієнтів моделі зазначеної структури.

Наприклад, нехай $k = 3$. Тоді трьохфакторна модель, структура якої включає тільки лінійні члени та добутки факторів, має наступний вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3.$$

Оцінки потрібні для восьми коефіцієнтів зазначеної моделі – $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$. Для їх оцінення потрібно провести $N = 2^k = 2^3 = 8$

експериментів. Легко бачити, що число експериментів строго відповідає числу визначених коефіцієнтів. Зауважимо ще, що це число експериментів є мінімальним для визначення коефіцієнтів у розглянутій моделі.

У реальних задачах фактори мають різні одиниці виміру і діапазон (інтервал) зміни. Для утворення поєднань таких факторів необхідно попередньо провести операцію масштабування, для чого часто використовується перетворення

$$\hat{x}_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i} \quad (i \in \overline{1, k}), \quad (4.16)$$

де \hat{x}_i – масштабований рівень i -го фактора;

x_i – натуральний рівень i -го фактора;

а Δx_i визначається виразом

$$\Delta x_i = \frac{x_{i\max} - x_{i\min}}{2}$$

У планах 2^k , як відомо, кожен фактор варіюється на двох рівнях. Зазвичай цими рівнями є $x_{i\min}$ та $x_{i\max}$ ($i \in \overline{1, k}$). На основі перетворення (4.16) легко отримати, що рівню $x_{i\min}$ відповідає масштабований рівень $\hat{x}_i = -1$, а рівню $x_{i\max}$ – $\hat{x}_i = +1$.

Масштабована область G плану 2^2 зображена на рис. 4.11.

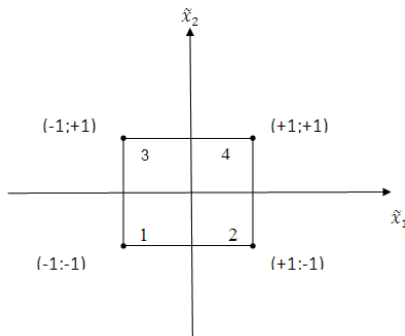


Рис. 4.11. Область G плану 2^2

Показаний на рис. 4.11 план 2^2 у вигляді вершин області G, як уже зазначалося, подається матрицею планування D, яка має наступний вигляд:

$$D = \begin{vmatrix} -1 & -1 \\ +1 & -1 \\ -1 & +1 \\ +1 & +1 \end{vmatrix}.$$

У матриці D номер рядка відповідає номеру експерименту плану.

Число експериментів плану 2^2 цілком достатньо для оцінки чотирьох коефіцієнтів моделі виду

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2.$$

Якщо для опису поверхні реакції обмежитися лінійною моделлю

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2,$$

в якій необхідно оцінити тільки три коефіцієнти b_0 , b_1 , b_2 , то, очевидно, план 2^2 є надлишковим, оскільки число експериментів цього плану більше числа оцінюваних коефіцієнтів на одиницю.

Легко показати, що вказана надмірність зростає із збільшенням числа факторів k .

Дійсно, при $k=3$ число експериментів плану 2^k дорівнює $N=2^3=8$, а число оцінюваних коефіцієнтів лінійної трьохфакторної моделі

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

дорівнює 4. Тобто надмірність при $k=3$ становить чотири. Зауважимо, що при $k=2$, ця надмірність дорівнювала одиниці.

Оскільки проведення експериментів вимагає витрат ресурсів, то надмірність призводить до неефективного їх використання.

З метою мінімізації надлишковості поряд з ПФЕ виду 2^k , коли кожен фактор варіюється на двох рівнях, розглядають дробові факторні експерименти, число яких відповідає числу оцінюваних коефіцієнтів моделі, що описує поверхню реакції.

У теорії планування експериментів поряд з симетричними дворівневими планами 2^k використовуються багаторівневі плани, в яких фактори варіюються на 3, 4 і т.д., m рівнях. Ці плани позначаються відповідно 3^k , 4^k , ..., m^k .

Крім цього, в теорії планування експериментів використовуються також багаторівневі несиметричні плани, в яких фактори варіюються на різних рівнях. Число експериментів у таких планах визначається як

$$N = q_1 q_2 \dots q_k, \quad (4.17)$$

де q_i ($i \in \overline{1, k}$) – число рівнів i -го фактора.

Зменшення числа експериментів N , а значить, і витрат ресурсів на їх проведення, можливо шляхом зменшення числа співмножників у виразі (4.17), що рівносильно зменшенню числа факторів k , а також шляхом зменшення значень співмножників q_i ($i \in \overline{1, k}$), що рівносильно зменшенню числа рівнів i -го фактора.

Число факторів визначається метою експериментів. Як правило, розглядаються дві основні мети. Перша з них полягає в побудові залежності реакції від факторів для виявлення властивостей системи, що пов'язується з розв'язанням певної задачі аналізу. Друга мета полягає у знаходженні деякої комбінації рівнів факторів, яка надає екстремальне значення реакції, що пов'язується з розв'язанням задачі синтезу.

4.5 Висновки по розділу

Таким чином, агентні моделі дозволяють зрозуміти і пояснити динаміку складних технологічних процесів різних рівнів. Така інформація може пояснювати процеси, а також бути використана для прогнозування тенденцій розгортання процесів. Однозначною перевагою агентного моделювання є можливість одночасного інкорпорування факторів різного рівня – від взаємодії на мікрорівні до впливу глобальних процесів. Разом з цим агентне моделювання дозволяє зосереджуватися не на одній задачі, а

моделювати технологічні процеси всесторонньо, на різних рівнях постановки задачі. У результаті, дослідник може реалістичніше відтворювати аспекти потрібного технологічного процесу і проводити правдоподібніші та обґрунтованіші експерименти, перевіряючи свої гіпотези.

Розділ 5.

ЗБИРАННЯ УРОЖАЮ – ЗАВЕРШАЛЬНИЙ, НАЙБІЛЬШ ТРУДОМІСТКИЙ ЕТАП ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

У структурі значних прямих експлуатаційних витрат на виробництво буряків цукрових більше 35-40% припадає на збирання урожаю – технологічної операції, яка належить до технічно найскладніших у сучасному сільськогосподарському виробництві загалом і є однією з найбільш енергоємних у галузі рослинництва. Тому зменшення витрат і збереження технологічних якостей бурякової сировини при механізованому збиранні – значний резерв зниження собівартості продукції, збільшення валового збору коренеплодів БЦ і виходу цукру.

5.1. Строки збиральних робіт

Буряки цукрові до пізньої осені продовжують активно рости і накопичувати цукор. Наростання маси коренеплодів і підвищення цукристості триває у вересні, жовтні і навіть, за теплої погоди, у листопаді. Так, за даними ІБКіЦБ приріст одного коренеплоду з 20 серпня по 20 вересня складає 90-110 г, а вміст цукру збільшується на 2-2,5% (урожайність зростає на 15-30%, цукристість - на 1,4-1,8%). Тому до строків збирання слід підходити так, щоб по можливості отримати максимальний урожай коренеплодів та збір цукру, визначити термін початку і своєчасно закінчити збирання врожаю [95, 147,169].

Високий урожай БЦ з добрими технологічними якостями забезпечується при збиранні їх у період технічної стиглості. У ранні строки збирання буряки ще не досягли повної стиглості, а це призводить до втрат сировини та цукру. Буряки, зібрані у кінці вересня – на початку жовтня, технічно стиглі і мають високу якість.

Слід також узгоджувати збирання буряків цукрових як з максимальною масою і цукристістю коренеплодів, так і з початком втрат ("відтоку" в листя) цукру, коли призупиняється процес асиміляції. Крім того, пізні збирання пов'язане з втратами урожаю внаслідок несприятливих погодних умов - тривалі дощі, сніг, морози. Тому організаційно строки збирання коренеплодів необхідно встановлювати залежно від площі та забезпечення технічними

засобами з таким розрахунком, щоб збиральні роботи завершити до кінця жовтня.

5.2. Відповідність показників роботи бурякозбиральних машин нормативам агротехнічних вимог

Найважливішими вимогами до механізованого збирання цукрових буряків є своєчасне проведення збиральних робіт, збереження всього вирощеного врожаю за високої якості цукросировини. Машина для збирання повинні забезпечувати всі передбачені технологічним процесом регламентовані параметри і нормативи агротехнічних вимог.

Важливою технологічною операцією є збирання гички. Гичку використовують як зелений корм для годівлі худоби, силосують або розстеляють на полі як сидеральне добриво.

Гичкозбиральні апарати повинні зрізувати гичку не нижче верхньої зони сплячих вічок і не вище 2см від основи листків. Установлено, що при зрізуванні 1 см шийки коренеплоду, втрати урожаю становлять 5-7%, а при зрізуванні 3-х см - зростають до 20-27%. Поверхня зрізу повинна бути гладенькою, рівною і горизонтальною. Кількість коренеплодів з необрізаною гичкою не повинна перевищувати 8% (всього зеленої маси – не більше 3%). Відходи частинок головок коренеплодів у гичку при збиранні – не повинні перевищувати 5%, а втрати гички – не більше 18%. Забрудненість зрізаної гички землею повинна бути меншою від 0,5%. [23, 61, 67, 89, 92, 147, 168].

У відповідності з ДСТУ 4327:2004 буряки цукрові для промислового перероблення повинні містити не більше 1% цвітущих і 5% під'ялених коренеплодів, базова цукристість – 16% [76].

Коренезбиральні машини відповідно до вимог Держстандарту повинні забезпечити підкопування і витягування з ґрунту не менше 99% коренеплодів, їх забрудненість землею допускається до 10%, пошкодження – до 5%. При механізованому навантаженні втрати коренеплодів повинні бути меншими 0,5%, забрудненість – не більше 2%. Кількість дуже пошкоджених навантажувачами-очисниками коренеплодів не повинна перевищувати 3% [23, 89].

Викопувальні робочі органи коренезбиральних машин не повинні травмувати коренеплодів. Обламування хвостиків у коренеплодів призводить до втрат врожаю. Якщо в ґрунті залишились хвостики довжиною 3,5 см втрачається 5-6% урожаю, при довжині 5 см - втрати зростають до 10-12% [6, 165].

Однак такі жорсткі вимоги не завжди виконуються, адже на якість збирання гички і коренеплодів цукрових буряків суттєво впливають умови, при яких воно проводиться: вологість і твердість ґрунту, вирівняність рельєфу поля, засміченість посівів бур'янами, діаметр коренеплодів і відстань їх відносно один одного в рядку, бічні відхилення від осової лінії рядка і виступання головок над рівнем ґрунту. Тобто, як доведено багаторічними дослідженнями процесів механізованого збирання БЦ, результатами Державних випробувань бурякозбиральної техніки і досвідом її використання в реальних умовах експлуатації в господарствах різних зон бурякосіяння, показники якості збирання БЦ значною мірою залежать від погодних умов, організаційно-господарських і технологічних факторів: стану розвитку рослин і розміщення їх в рядках; вологості і твердості ґрунту; а головне – від технічної досконалості робочих органів [5, 13, 18, 68, 123, 130, 148].

Суттєвою проблемою процесу збирання є забрудненість бурякової сировини землею, особливо при роботі машин на твердих (понад 3,5 - 4,0 Мпа) ґрунтах, коли обсяги «безповоротної доставки» родючих чорноземів на заводські бурякоприймальні пункти у вигляді домішок сягають 40 – 45% загальної маси вороху коренеплодів [99]. Недавніми дослідженнями (2013р.) д.т.н. Барановського В.М. також підтверджується, що "...з полів вивозиться кількість родючого ґрунту, яка еквівалентна 5-10 см орного шару на площі збирання рівній 100 га" [10]. Вочевидь, постає важлива народногосподарська проблема збереження родючості ґрунтів.

Іншою, не менш важливою проблемою, що виникає під час переробки бурякової сировини, є забрудненість вороху коренеплодів залишками гички та бур'янів. За даними НДІ цукрової промисловості, із збільшенням кількості гички на коренеплодах з 1,9 до 5,5% доброякісність дифузійного соку знижується з 89,3 до 85,1%. При цьому кожний відсоток зеленої маси на коренеплодах призводить до зниження доброякісності соку на 0,4 – 0,5% і збільшення вмісту цукру в мелясі на 0,1%.

Загалом, при тривалому заводському зберіганні (більше 60 діб) сильно пошкоджених і забруднених землею та рослинними залишками коренеплодів значно погіршуються кондиції сировини внаслідок ураження кагатною гниллю, а втрати цукру зростають у 5 – 7 разів [99, 142, 149].

Таким чином, розробка і впровадження у виробництво досконалих бурякозбиральних машин, які дозволяли б проводити якісне збирання всього вирощеного біологічного врожаю незалежно від ґрунтово-кліматичних умов і стану бурякового поля в період проведення збиральних робіт, удосконалення конструкції окремих вузлів та робочих органів машин і підвищення їх

надійності, застосування прогресивних форм організації праці на збиранні є актуальною проблемою бурякоцукрового виробництва.

5.3. Класифікація робочих органів і технологічні схеми зрізування гички, викопування і очищення вороху коренеплодів

Існують два основних способи збирання коренеплодів:

- підкопування і витягання коренеплодів за гичку з подальшим її обрізуванням;

- обрізування гички на корені і подальше викопування і очищення коренеплодів від ґрунту і рослинних домішок.

Перший спосіб збирання здійснюється машинами брального типу. Нормальна їх робота можлива при порівняно невеликій швидкості руху і багато в чому залежить від стану гички на момент збирання коренеплодів. Тому останнім часом такі машини майже не використовуються, хоча з них у 20 - 30 - і роки минулого століття вперше у бувшому СРСР починалась ера будівництва бурякозбиральної техніки. То були комбайни КСТ-3А (рис.5.1), КСТ-2А (рис.5.2), КСТ-3 [128].

Поширення набув як більш універсальний другий спосіб збирання, коли гичка видаляється до викопування коренеплодів на корені за допомогою гичкорізів і очищувачів головок. Першими представниками комбайнів такого типу є СКН-2А та СКД – 2 (рис.5.3) [132].

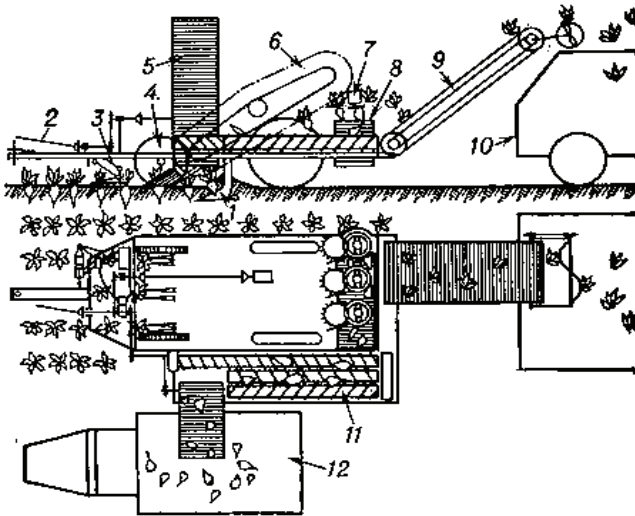


Рис.5.1. Технологічна схема роботи бурякозбирального комбайна КСТ-3А: 1 - підкопувальна лапа; 2 - карданна передача для приводу в дію робочих органів від ВВП трактора; 3 - гідравлічний механізм, автоматично направляючий агрегат по рядках; 4 - копіювальне колесо; 5 - навантажувальний елеватор коренеплодів в кузов транспортного засобу; 6 - бральний апарат, який витягує буряки з ґрунту; 7 - ріжучий апарат для обрізання гички; 8 - транспортер коренеплодів; 9 - транспортер гички, що скидає її у візок; 10 - тракторний візок; 11 - шнековий очисник для очищення оберемка коренеплодів від ґрунту і рослинних залишків; 12 - автомобіль.

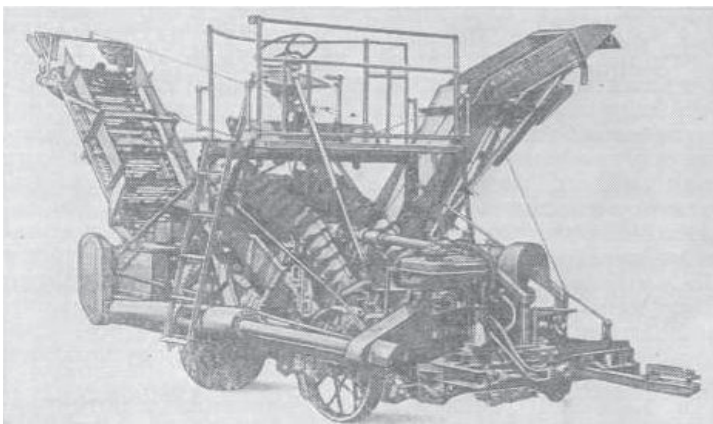


Рис.5.2. Бурякозбиральний комбайн КСТ - 2А

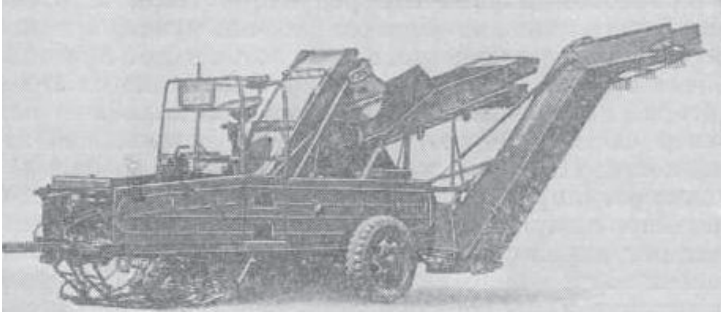


Рис.5.3. Буякозбиральний комбайн СКД – 2

5.3.1. Гичкорізи

Для зрізування гички на корені використовують чотири типи гичкозрізувальних апаратів:

- 1) барабанні з перпендикулярною до осі рядка віссю обертання;
- 2) дискові, що включають копір і активний дисковий ніж з віссю обертання близькою до вертикалі;
- 3) гичкорізи з активним котковим копіром і пасивним ножем;
- 4) гичкорізи з пасивним полозковим копіром і пасивним ножем.



У табл. 5.1 відповідно до приведеної класифікації представлені марки сучасних гичкозбиральних машин і комбайнів.


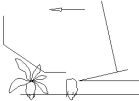
Барабанні гичкорізи [2, 3, 90, 143, 144, 147, 148] зрізають і подрібнюють основну масу гички і бур'янів за допомогою ротора з шарнірно підвішеними сталевими ножами лопатевого типу. Висоту зрізу встановлюють на рівні найбільш виступаючих над ґрунтом коренеплодів. Збільшення частоти обертання ротора гичкоріза забезпечує зростання підсмоктування повітря, що сприяє піднесенню сухих і підв'ялених листків та їх подрібненню. У більшості збиральних машин зрізана гичка відкидається ножами і прямує по твірній кожуха в поперечний транспортер (зазвичай шнековий), за допомогою якого вона транспортується з машин. Гичка може укладатися в валок або розкидатися по поверхні поля, а також завантажуватися в транспортний засіб, що рухається поруч.

Барабанні гичкорізи використовуються на першій фазі для здійснення верхнього зрізу гички цукрових буряків. Черешки і залишки гички з коренеплодів видаляють за допомогою очищувачів головок коренеплодів і

гичкорізів другого, третього і четвертого типів. Такий принцип видалення гички використовується в даний час у спорудах гичкозбиральних машин і бурякокомбайнів всіх провідних фірм світу. Перевагами барабанного ріжучого апарату є простота конструкції, висока надійність у роботі, багатофункціональність і універсальність. Одним ротором забезпечується зріз гички на всій ширині захвату машини.

В універсальних роторних косарок-подрібнювачів типу КИР-1,5, які широко використовуються у тваринництві як у нас, так і за кордоном, і обладнані саме такими гичкорізами, за рахунок великої кутової швидкості обертання ротора поєднуються операції різання, подрібнення і перекидання рослинної маси різних сільськогосподарських культур безпосередньо до причіпленого позаду візка [165].

Схема гичкоріза	Фірма-виробник, марка машини /комбайна/
<p data-bbox="172 767 303 794">Барабанний</p> 	<p data-bbox="323 683 1007 1050">Amity WIC, Art's Way, Alloway, Parma, Holmer Terra Dos, Kleine KR-2, KR-6, K 6 II G, SF 10.2, SF 20, Ropa euro-Tiger V8-3, Stoll V300SF, V600SF, V100, V202, V300, Grimme Maxtron 620, FT270V, Herriau TH-5, Franquet Tetra, Super Saiga, IPS Construction 12R, Matrot M 41H, Magister, M 2011 plus, Kroma, Moreau EP 612, GR4005, Lectra 4005, Lectra V2, Lexxis, Voltra Cobra, Xerris, Voltra 6-24, Suptra 9.12, Agrifac 9000S, ZA 215 EH, WKM Big Six, HEXA, Riecam 400 T, Vervaeet 17T, Beet Eater, Agri-Service, Dewulf Beeta 6, Orbit, Gilles TR, C.M.G. Beet-Leaf, Barigelli B1 4x4-S, Europa 4x4, B3 4x4-S, B/6-4x4S, B/6-S, B/6C-45/50, Bassi Mb6D, Fontani DF/6A. DF/6P, Mazzotti MB6D, MB2200, Rimeco B3 4x4, Stacmec DE6F, RTV6F, Edenhall 734, 743, 744, Thyregod T7, T9, TT 800, TIM SR 2500, MIII-SH 1204, Fuertes FPD, Guerra PDH-3, Mace, Madim 3000H, 3500, P3/6, Majevisa M536, M519, M520, Гомсельмаш СКС-624, КСН-6, Moldagrotechnica MRF-6, ДКЗ РКМ 6-07, КСП-2, МБП-6, МБК-2,7, ИРП-5,4, ТеКЗ КСБ-6, КС-6Б-10, МПР-6-04, Уманьферммаш МГ-6, АОМЗ АБ-1, Кочубєвський РЗ БС-6, Ритм РБМ-6, Рязанський КЗ УБС-6А, БДС-6, ОКБ «Союз» КВС-6</p>
<p data-bbox="183 1118 303 1145">Дисковий</p> 	<p data-bbox="323 1066 1007 1281">Alloway, Art's Way, Parma, Grimme BM 330, Maxtron 620, Garford Victor, Standen Spectrum MK2, Edenhall 743, 744, Thyregod T7, T9, TT 800, TIM MII SA/TE 120, MIII-SH1204, KRB/S 212, Juko XJ100, Altinörs C1061, CD2000B, D2000S, D2000THO, HD1700, A3 4x4, Ayhan Dündar AD1500, AD2200, Bariş, Bayramoğlu, Dündar, Ekerler E2000, EH2000, E3000, EH3000, E5000, Ertuğrullar, Harmak PHM-2, Köylü KSBH 03, Ölçer, Özen İş KPHM-4, KPHM5, Sönmezler Collina-S, PH-01, Torunoğlu H4200, S3400, L3200, ДКЗ КСП-2, ТеКЗ БМ-6Б</p>

<p>Активний копір, пасивний ніж</p> 	<p>Herriau TH-5, Barigelli B1 4×4-S, Europa 4×4, Mazzotti MB2200, Rimeco Aquila DUE – bifila, Juko XJ100, XJ200, Ayhan Dündar AD1500 Hidrolik, Alparslan ALP-03 HM, Altınörs A3, Ekerler E2000, E3000, Ertuğrullar, Ormak, Sonmezler Collina-S, PH-Mini, PH-01, Tarintas, Torunoğlu L3200, Madim 3000H, 3500, Majevisa M-536, M-519, Sanci BT-2Pev, BT-4Pev, BSR-475</p>
<p>Пасивний копір, пасивний ніж</p> 	<p>Amity WIC, Art's Way, Parma, Grimme FT 270 V, Maxtron 620, Holmer Terra Dos, Kleine KR-6, K 6 II G, KR 2, SF 10.2, SF 20, Ropa euro-Tiger V8-3, Stoll V100, V202, V300, V300SF, 600SF, Matrot M41H, Magister, M2011plus, Kroma, Moreau EP 612, GR4005, Lectra 4005, Lectra V2, Lexxis, Voltra Cobra, Xerris, Voltra 6-24, Suptra 9.12, Franquet Tetra, Super Saiga, Herriau TH-5, IPS Construction 12R, Agrifac 9000S, ZA 215 EH, WKM Big Six, HEXA, Vervae 17T, Beet Eater, Agri-Service, C.M.G. Beet-Leaf, Dewulf Beeta 6, Orbit, Gilles TR, Barigelli B3 4×4-S, B/6-4×4-S, B/6-S, B/6C, Bassi Mb6D, Fontani DF/6A. DF/6P, Mazzotti MB6D, Rimeco Aquila DUE-trifila, Stamec DE6F, RTV6F, Edenhall 734, 743, 744, TIM MII SA/TE 120, KRB/S 212, Thyregod T7, T9, TT800, Ayhan Dündar AD1500 Hidro Elektrik, AD2200, Altınörs C1061, CD2000B, D2000S/THO, HD1700, Barış, Bayramoğlu, Dündar, Ekerler EH2000/3000, E5000, Harmak PHM-2, Köylü KSBH 03, Ölçer, Özen İş KPHM-4, KPHM-5, Torunoğlu H4200, S3400, Cadusa, Fuertes FPD, Guerra PDH-3, Mace, Madim P3/6, Majevisa M520, Moldagrotehnica MRF-6, Гомсельмаш СКС-624, КСН-6, ДКЗ РКМ 6-07, КСП-2, МБП-6, ТекЗ КСБ-6, КС-6Б-10, МГР-6-04, АОМЗ АБ-1, Рязанський КЗ УБС-6А, БДС-6, ОКБ «Союз» КВС-6</p>

Дисковий різальний апарат, який розроблений в УкрНДІСГОМ (м. Харків), є найбільш технічно довершеним серед світових аналогів і знайшов широке застосування у вітчизняних бурякокомбайнах і гичкозбиральних машинах. У СРСР даний тип гичкорізів застосовувався в комбайнах СКН-2А, СКД-2 і гичкозбиральній машині БМ-6 («ТекЗ», м. Тернопіль) та її модифікаціях. Гичкозрізувальний апарат складається з кінематично пов'язаних між собою за допомогою паралелограмного механізму 3 пасивного полозовидного гребінчастого копіра 2 і активного дискового ножа 8 з лопатевим бітером 7 (рис.5.4).

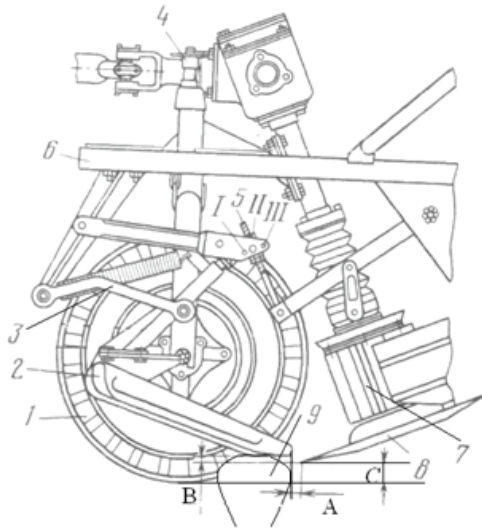


Рис. 5.4. Різальний апарат гичкозбиральної машини БМ-6Б: 1 - колесо опорне; 2 - щуп-копір; 3 - механізм паралелограмний; 4 - гвинт регулювання; 5 - тяга гвинтова; 6 - рама; 7 - бітер; 8 - ніж; 9 - коренеплід; А - горизонтальний зазор між ножем і копіром; В - вертикальний зазор між лезом ножа і копіром; С - зазор між ножем та ґрунтом; I,II,III - отвори вертикальної поправки

Якість зрізування гички залежить від регулювання гичкозрізувального апарата. Положення дискових ножів відносно поверхні поля (зазор С) регулюється гвинтовим механізмом копіювального колеса 1 кожної секції з двох секцій за допомогою гвинта 4 в границях 15-20 мм. Тиск щупа-копіра у верхньому його положенні на головку коренеплоду повинен становити 200 ± 50 Н, з тим, щоби не мали місця нахили і вивалювання коренеплодів з ґрунту копірами [94]. Горизонтальний зазор А в границях 35-50 мм встановлюють переміщенням щупа 2 по овальних отворах. Вертикальний зазор В між нижньою частиною середнього пера гребінки щупа-копіра 2 і лезом ножа 8, в границях 5-25 мм, забезпечують зміною довжини гвинтової тяги 5 паралелограма 3. Шарнір гвинтової тяги 5 вертикальної поправки (автоматичне збільшення зазору В при підніманні ножа) фіксують встановленням гвинтової тяги в отворах поздовжньої тяги (I,II,III) залежно від різниці виступання головок коренеплодів над поверхнею ґрунту. При встановленні шарніра гвинтової тяги в отвір I, вертикальна поправка буде найбільшою, а в отворі III – найменша. Таке регулювання проводять при збиранні гички на ділянках з коренеплодами різного розміру.

Гичкоріз цього типу може бути виконаний у вигляді диска з гладкими (рис.5.4) або сегментними ножами, а також у вигляді декількох пластинчастих шаблеподібних ножів. Останній був використаний як прототип при розробці гичкозрізувального апарата для звужених (30 см) міжрядь (див. Розділ 7).

Активний котковий копір з пасивним ножом (рис.5.5) застосовується для точної або остаточної обрізки головок коренеплодів. Котковий копір являє собою пакет зубчастих дисків, встановлених з зазором між собою, а ніж виконаний у вигляді прямолінійного леза, розташованого під кутом до осі рядка, що забезпечує різання з ковзанням. Рідше використовується серповидний ніж. Ще 30-35 років тому даний тип гичкоріза був досить поширеним у конструкціях гичкозбиральних машин західноєвропейського виробництва, проте в теперішній час застосовується рідко, тому що забивається рослинними рештками, особливо при роботі на забур'янених ділянках поля.

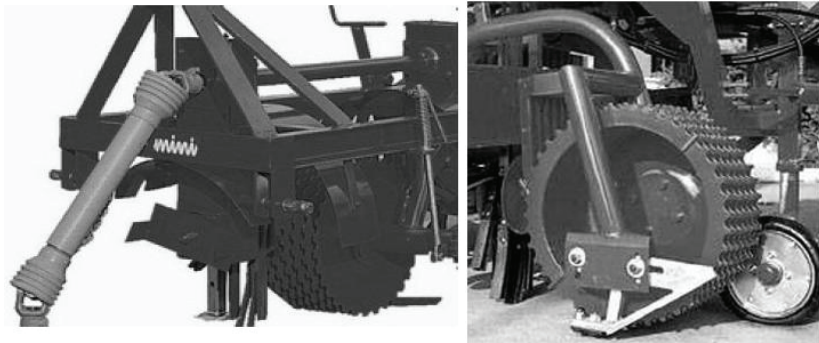


Рис.5.5. Гичкорізи з активним котковим копіром і пасивним ножом

Гичкоріз у вигляді пасивного полозкового копіра і пасивного ножа, встановленого під кутом до напрямку руху машини, зображений на рис. 5.6. Цей тип гичкозрізувального апарата має найменшу масу з усіх відомих дообрізчиків і відрізняється простотою конструкції, що визначило його всевітнє визнання в якості дообрізчика головок коренеплодів БЦ (див. табл. 5.1).



Рис. 5.6. Дообрізкач з пасивним полозковим копіром і пасивним ножем

Разом з тим недоліком пасивного ножа є: низька якість обрізки черешків гички у коренеплодів, які низько сидять, обростання і забивання леза ножа бур'янами та іншою рослинністю, повалення високо розташованих над ґрунтом коренеплодів.

За висновками досліджень Мартинова В.М. функція дообрізки головок коренеплодів буряка цукрового є обмежуючим фактором підвищення продуктивності збирання коренеплодів. Це обумовлено тим, що механічно пов'язана система копір-ніж, що володіє досить високою інерційністю, здійснює коливання з амплітудою близько 25 мм і частотою, зростаючою пропорційно поступальній швидкості руху агрегату і досягаючою при 6 км/год 6-11 Гц залежно від густоти насадження рослин [86].

5.3.2. Викопувальні робочі органи

Викопувальні робочі органи руйнують зв'язок коренеплодів з ґрунтом, витягають їх з ґрунту і подають в конвеєр-очисник для подальшого очищення від ґрунтових і рослинних домішок. Тому завданням копача є отримання коренеплодів без втрат, з мінімальними пошкодженнями і з можливо меншою кількістю домішок, при цьому важливу роль відіграє первинна сепарація ґрунту безпосередньо в процесі викопування коренеплодів.

Найбільш простим і універсальним робочим органом для викопування коренеклубнеплодів є леміш (пасивний, комбінований, активний). Найпростішим за формою є плоский прямий леміш, який схильний до забивання рослинністю. Зазвичай леміш компонується по одному в секції на один рядок. Робоча частина кожної секції лемеша має форму трикутника, що забезпечує прохід рослинності по лезу. Використовують і частішу розбивку

на секції, наприклад 3 різці на рядок. Зазори 30-50 мм між суміжними різцями лемеша забезпечують не тільки вихід рослинності, а й сепарацію ґрунту в процесі підкопування. Для запобігання розвалу підкопаної скиби ґрунту разом з частиною коренеклубнеплодів на сторони, особливо на пухких і незв'язних ґрунтах, застосовують коритоподібні лемеші, а з боків встановлюють боковини у вигляді дискових ножів. Для інтенсифікації процесу викопування та запобігання забиванням ґрунтом використовують комбінований і активний тип плоского лемеша з коливальним рухом.

Основні типи викопувальних робочих органів, застосовуваних у сучасних бурякозбиральних машинах, представлені в табл. 5.2. У світовій практиці розробки машин для збирання БЦ в основному використовуються два типи копачів: лемішний і дисковий. Інші типи викопувальних робочих органів можна розглядати як різні комбінації цих двох.

Лемешний викопувальний робочий орган являє собою два симетрично розташованих лемеші, встановлених під кутом до напрямку руху машини таким чином, що задні кромки суміжних лемешків утворюють зазор в 25-45 мм (рис. 5.7). Пасивні лемішні і вильчасті копачі вже не застосовуються, оскільки вони завдають значних пошкоджень коренеплодам, погано кришать ґрунт, забиваються бур'янами та вологим ґрунтом, створюють великий тяговий опір.[17, 27, 40, 119,131] Ці недоліки усуваються при використанні вібраційних лемешкових копачів[141,143]. Для цього кожен лемешок кріпиться до стійки, якій надають коливальних рухів. Коливання лемешків можуть відбуватися в поздовжньо-вертикальній площині[19,20], в поперечному напрямку по відношенню до рядка[17, 22, 43] або можуть бути більш складними[7, 21, 45, 52]. Зазвичай частота коливань не перевищує 12 Гц, а амплітуда становить 20-30 мм.

У процесі роботи за рахунок конусоподібної форми русла, утвореного лемішками, коренеплід разом з деформованим шаром ґрунту зсувається в разі його відхилення від осі копача, підкопується лезами лемешків, заклинює між робочими поверхнями копача, підводиться і витягується з ґрунту.

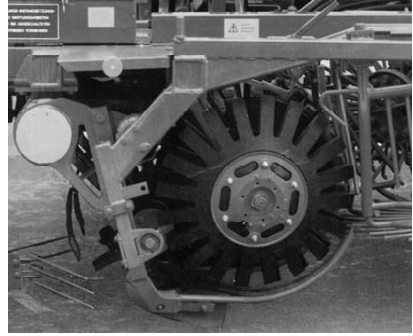
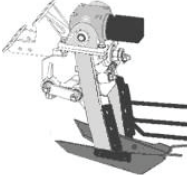
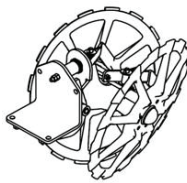
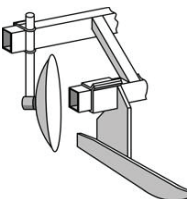


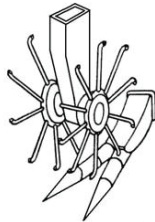
Рис. 5.7. Лемешкові викопувальні робочі органи фірми ROPA (зліва) і комбінований з дисковим коренезабірником фірми Stoll (справа)

Таблиця 5.2.

Сучасні викопувальні робочі органи

Тип копача	Фірма - виробник, марка машини /комбайна/
<p>Лемешний вібраційний</p> 	<p>Holmer Terra Dos, Kleine KR-2, KR-6, K 6 II G, SF 10.2, SF 20, Ropa euro-Tiger V8-3, Stoll V100, V202, V300, V300SF, 600 SF, Franquet Tetra, TE 6, TE 2/3, Herriau TH-5, SCORE II, IPS Construction 12R, Matrot M 41H, Magister, M 2011 plus, Moreau ARC 6S, GR4005, Lectra 4005, Lectra V2, Lexxis, Voltra Cobra, Xerris, Voltra 6-24, Suptra 9.12, Riecam 400 T, Vervaet 17T, Beet Eater, Agrifac 9000S, ZA 215 EH, WKM Big Six, HEXA, Dewulf Beeta 6, Orbitt, Gilles ASC 49, AS 80, Barigelli B1 4×4-S, Europa 4×4, B3 4×4-S, B/6-4×4-S, B/6-S, B/6C-45/50, Bassi Mb6S, Fontani EF/6V, Mazzotti MB6S, MB2200, Rimeco B3 4×4, Stacmec SV 6F45/50, RTV 6F45/50, Edenhall 734, 743, 744, Thyregod T7, T9, TT 800, TIM SR 2500, MII SA/TE 120, KRB/S 212, Juko XJ200, Alparslan ALP-03HM, Altinörs A3, C1061, CD2000B, D2000S, D2000THO, HD1700, Ayhan Dündar AD1500, AD2200, Barış, Bayramoğlu, Dündar B-HE, YD-HE, Ekerler E2000, EH2000, E3000, EH3000, E5000, Ertuğrullar, Harmak PHM-2, Köylü KSBH 03, Ormak, Ölçer Hidro Elektrik, Hidrolik Kumandalı Mekanik, Özen İş KPHM-4, KPHM-5, Sonmezler Collina-S, PH-Mini, PH01, Torunoğlu H4200, S3400, L3200, Cadusa, Fuertes FAR, Guerra ARH3, Mace RT 307/310/314, Madim 3000H, 3500, M6, M10, Majeвица M519, Гомсельмаш СКС-624, КСН-6, Moldagrotechnica MSS-6, БОРЕКС КНБ6, КВЦБ-1,2, ДКЗ РКМ 6-05/07,</p>

	<p>ТекЗ КСБ-6, КС-6Б-03, КС-6Б-10, МКП-6, МКП-4, Рязанський КЗ КПС-6, ОКБ «Союз» КВС-6</p>
<p>Дисковий</p> 	<p>Alloway, Amity WIC 2300/2500/2700, Art's Way 4600, 6812A, Parma 2200/2700/2900, Wil-Rich Red River 430/622/630/822, Grimme Maxtron 620, Rootster 604, Holmer Terra Dos, Vervaet 17T, Beet Eater 617, Garford Victor, Standen Spectrum MK2, Edenhall 743, 744, Thyregod T7, T9, TT 800, TIM SR 2500, MII SA/TE 120, MIII-SH1204, KRB/S 212, Juko100, XJ100, XJ200, Ölçer Hidro Elektrik Kumandalı (Diskli), ДКЗ РКМ-6, РКМ 6-02/05, РКМ 6-07, МКР-2-3, КСП-2, ТекЗ КСБ-6, МКП-6, КС-6Б, КС6Б-01, КС-6Б-10, Ритм КПС-6</p>
<p>Лемешно-дисковий</p> 	<p>Herriau TH-5, Matrot M 41H, Magister, Moreau ARC 6D, GR4005, Lectra 4005, Lectra V2, Lexxis, Voltra Cobra, Xerris, Suptra 9.12, Gilles AD 49, AD 80, Dewulf Beeta 6, Agri-Service, CMG Beet-Lift, Beet-Lift 8, Cadusa, Majevisa ADS, M-520, Moldagrotehnica MRS-6, Ніжинський МЗ СУМ6, КСН 2-050, ТекЗ КС-6Б-07, Уманьферммаш АЗК-6.01, АОМЗ АС-1, Кочубесвський РЗ СКП-6, Рязанський КЗ ВУН 4/6</p>

<p>Роторно-вильчастий</p> 	<p>ДКЗ РКЗ-6, МКК-6-02, РКМ 6, РКМ 6-01/05/07, ТекЗ КСБ-6, КС-6Б01/02, МКП-6, МКП-4</p>
---	---

Збільшення продуктивності і технологічної надійності вібраційних лемешкових копачів, запобігання скупченням вороху досягається установкою над ними бітерного вала. Гумові бичі цього вала, діючи на головку коренеплода, доочищують їх від залишків гички і подають на конвеєр очисних робочих органів. У комбайнах ROPA (рис. 5.7) і Holmer цей вал суміщений з розташованими в міжряддях опорними колесами, які не тільки копіюють рельєф ґрунту, але і притоптують до неї бур'яни та гичку.

Перевагами вібраційних лемешкових копачів також є: компактність, низька пошкоджуваність коренеплодів. Однак вони складні за спорудою, недостатньо надійні, не здатні піднімати коренеплоди на значну висоту, забирають багато вільного ґрунту [17, 27, 43].

Дисковий копач являє собою два диски, встановлених під певним кутом один до одного таким чином, що кромки ободів сходяться в нижній задній частині до зазору 30-60 мм. Диски можуть бути плоскими і сферичними. Обід диска виконується гладким або з вирізами. Диски мають вікна між спицями, які служать для сепарації ґрунту. В залежності від діаметра коренеплодів змінюють розміри цих вікон, а також регулюють шайбами зазор між дисками. Використовують як пасивні копачі, які отримують привід від зчеплення з ґрунтом (Alloway, Amity, Art's Way та ін.), Так і активні - з примусовим приводом. Може бути здійснений привід як одного (КС-6Б), так і обох (Grimme, Holmer) дисків. (рис. 5.8). У верхній задній частині копача розташовується бітер. У процесі роботи диски підрізають пласт ґрунту. Під впливом сил підпору коренеплоди затискаються між дисками та за рахунок сил тертя витягуються з ґрунту, піднімаються до рівня розходження дисків і виштовхуються бітером на конвеєр-очисник.

Ґрунт в розвалі між дисками стискається, кришиться, відділяється від коренеплодів і просіюється крізь вікна.

Перевагами дискового копача є здатність добре кришити сухий і не дуже перезволожений ґрунт при малій кількості його забору, надійність роботи, у тому числі і на важких ґрунтах, висока продуктивність, відносна простота конструкції, компактність, підйом коренеплодів на значну висоту [130].

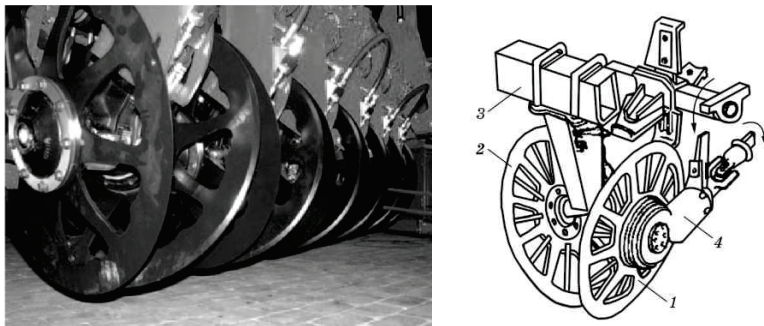


Рис. 5.8. Дискові викопувальні робочі органи з одним активним диском - КС - 6Б (справа) та двома - Grimme (зліва)

Дисковим копачам властиві такі недоліки: висока пошкоджувальність коренеплодів при твердості ґрунту 3-4,5 МПа і вище головним чином через облом хвостової частини, підвищення забрудненості коренеплодів ґрунтом при високій його вологості і липкості, забивання на забур'яненних і перезвожжених ґрунтах у разі застосування пасивних копачів, підвищені вимоги до точності руху по рядку, різання лезами дисків і розчавлювання великих коренеплодів.

Лемішно-дисковий викопувальний робочий орган [90, 161] являє собою комбінацію пасивного лемеша у вигляді лижі та зміщеного назад пасивного сферичного диска, встановленого під кутом до напрямку руху (рис. 5.9). Лижа підрізає ґрунтовий пласт з одного боку коренеплоду, а сферичний диск - з іншого. За рахунок сил підпору і тертя від обертового диска ґрунт і коренеплоди піднімаються по його внутрішній поверхні, відводяться в сторону з падінням вниз. В результаті цього ґрунт інтенсивно кришиться і відділяється від коренеплодів. Із зростанням кута атаки диска кришення ґрунту збільшується. На відміну від всіх інших при роботі лемішно-дискового копача виключається сильне стиснення коренеплоду і його пошкоджувальність. Недоліками лемішно-дискового копача є великі

габарити по довжині, накопичення і передача з купою коренеплодів великої кількості ґрунту, непридатність для роботи на кам'янистих ґрунтах через зношування і поломки лез дисків.

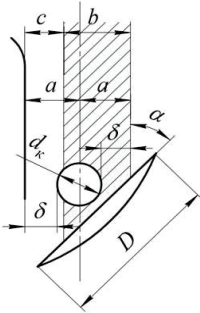


Рис. 5.9. Компонувальна схема лемешно-дискового копача і загальний вигляд копача Dewulf

До переваг даного типу копача слід віднести простоту пристрою й обслуговування, невисоку металоємність, здатність викопувати різні за розмірами коренеплоди, надійність і якість виконання технологічного процесу, особливо при роботі на легких і середніх ґрунтах,

Разом з тим, через нездатність піднімати коренеплоди, даний тип викопуючого робочого органу працює спільно тільки з турбінним конвесром-очишувачем, здатним підбирати купу коренеплодів з поверхні землі.

Незважаючи на недоліки очевидною перевагою даного копача є незначні габарити по ширині, що дозволило на його базі розробити робочі органи для викопування коренеплодів, вирощених з міжряддями 30 см (див. Розділ 7).

Конструктивними параметрами викопувального пристрою являються діаметр D і змінний кут α атаки сферичного диска. З компоувальною схеми очевидно, що для забезпечення однієї і тієї ж ширини b захвата диска збільшення кута α призводить до зменшення потрібного діаметра D . Тому вигідніше всього встановити максимально можливий кут α . Крім того, зі збільшенням кута атаки сферичного диска до 45° зростає кришення ґрунту [73]. Отже, оптимальним слід визнати кут атаки 45° . Великий вплив на якість роботи диска надає глибина h_r підкопування коренеплодів. Зі збільшенням h_r знижується зусилля витягання коренеплоду, і меншою мірою він

травмується, але зростає надходження з купою вільної ґрунту. Для буряка цукрового нормальної глибиною підкопування можна вважати 8-12 см. .

Загальна ширина захвату викопоють робочим органом визначається як

$$2a = d_{k \max} + 2\delta,$$

де a - ширина захвату лемешем і диском з одного боку від осьової лінії рядка;

$d_{k \max}$ - діаметр коренеплоду максимального розміру;

δ - компенсуюча величина, що враховує можливі відхилення коренеплодів від осьової лінії рядка і неточність водіння збирального агрегату по рядках. Так як ширина захвату сферичного диска

$$b = 2 \sin \alpha h_r (D - h_r) = 2a - c,$$

то його діаметр визначається як

$$D = h_r + [(d_{k \max} + 2\delta - c)/(2 \sin \alpha)] 2/h_r$$

Мінімальне надходження ґрунту з купою коренеплодів і запобігання їх пошкоджень лемешем копача забезпечується при $c = \delta$, тоді

$$D = h_r + [(d_{k \max} + \delta)/(2 \sin \alpha)] 2/h_r$$

Підрахунки показують, що для коренеплодів буряка цукрового

$$D = 450 - 560 \text{ мм.}$$

Роторно-вильчатий копач є розробкою Дніпропетровського комбайнового заводу і являє собою активну вилку в комбінації з коренезабірником і лопатевим бітером [1, 4, 90]. Активна вилка 6 складається з двох обертових назустріч один одному конусних наконечників і при взаємодії з коренеплодом створює витягуюче зусилля (рис. 5.10). Коренезабірник 1 являє собою два активних пруткових диска, розташованих над виделкою під кутом один до одного. Витягнуті активною вилкою коренеплоди затискаються між прутковими дисками і в результаті їх обертання піднімаються. За рахунок підпружиненого кріплення прутків на фланцях коренезабірника коренеплоди при вибиванні їх бітером 3 з розвалу між дисками пошкоджуються в меншій мірі, ніж у дискових копачів.

Перевагами роторно-вильчатого викопувального робочого органу є якісне виконання технологічного процесу на легких і середніх ґрунтах з малими втратами і пошкодженнями коренеплодів, та мінімальним надходженням вільного ґрунту з купю коренеплодів. До недоліків відносяться складність конструкції і малий ресурс роботи. Зважаючи на невеликі розміри вилки і коренезабірних дисків, великі коренеплоди пошкоджуються, тому неможливо використовувати даний тип викопувального робочого органу для збирання коренеплодів з діаметром більше 15 см.

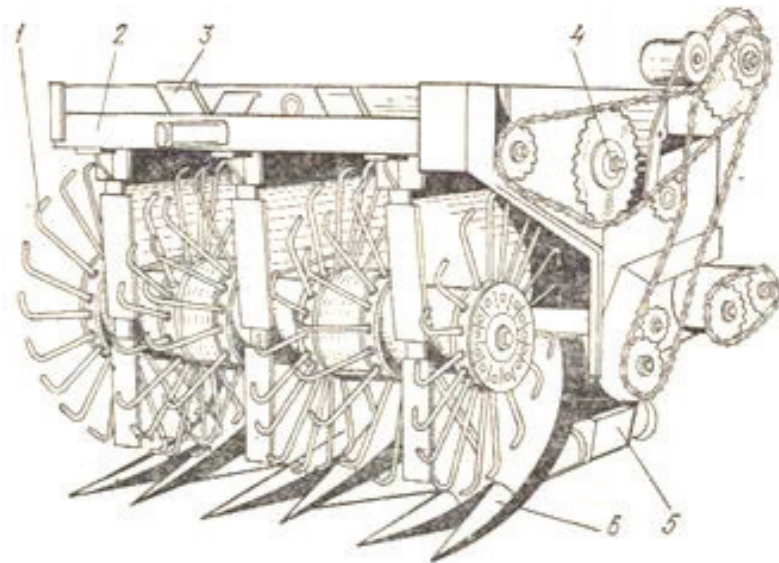


Рис. 5.10. Викопувальний пристрій коренезбиральної машини РКС-6:
1 - коренезабірник; 2 - рама; 3 - бітер; 4 - вал приводу бітера з еластичними лопатями; 5 - редуктор приводу роторів; 6 - активна вилка

5.3.3. Очисники вороху коренеплодів

Очисники вороху покликані очистити коренеплоди від зв'язаного з ними ґрунту, відсепарувати ґрунт, камені і рослинні домішки (вільна гичка і бур'яни). Ворох, що складається з цієї механічної суміші залежно від вологості і механічного складу ґрунту змінює свою структуру і гранулометричний склад в широкому діапазоні. Ґрунт може перебувати в

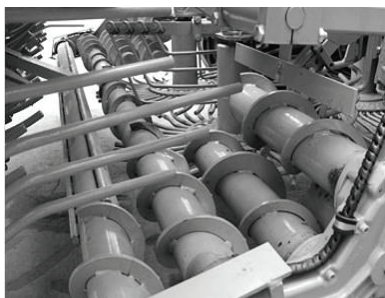
трьох різних фізичних станах: твердому, пластичному і тікучому. Очисники повинні забезпечувати якісне очищення коренеплодів незалежно від фізичних властивостей ґрунту і його фракційного складу.

Присутні в купі міцні ґрунтові грудки в конвеєрі-очисувачі повинні руйнуватися при мінімальній пошкодженні коренеплодів.

Існують різні способи відділення коренеплодів від домішок: пневматичний, гідравлічний, механічний та ін. [150]. На вітчизняних цукрових заводах використовується гідравлічний спосіб, що характеризується великою витратою води. Для відділення каменів від коренеплодів в США знаходить застосування пневматичний спосіб. Для очищення коренеплодів у складі коренезбиральних машин на практиці застосовується виключно механічний спосіб, як найбільш простий і доступний.

Основні типи очисників вороху коренеплодів у складі сучасних збиральних машин представлені в табл. 5.3. Зауважимо, що вальцевий і кулачковий очисники відносяться до однієї групи валкових або ротаційних

Вальцевий конвеєр-очисник являє собою набір паралельно встановлених вальців з обертанням в одну сторону або назустріч один одному (малюнок 1.16). Вальці зазвичай забезпечуються гвинтовий навіванням, що сприяє просуванню оберемка в потрібному напрямку. Застосовується навівка, як на кожному вальці, так і через один. Зазор між вальцями служить для просіювання ґрунтових і рослинних домішок. Установка вальців на різних висотах, а також наявність гвинтової навівки забезпечує просування оберемка коренеплодів як поперек, так і вздовж вальців.



а)



б)

Рис. 5.11. Вальцеві конвеєри-очисники:

а) Kleine; б) Standen Evolution Separator

Останнім часом все більше застосування знаходять вальці, виготовлені з еластичних матеріалів або покриті еластичним шаром (гума, поліуретан). Фірма Grimme використовує поліуретанові вальці з повітряною камерою, які можуть деформуватися і пропускати через зазор каміння та інші сторонні предмети, а коренеклубнеплоди в меншій мірі травмуються.

Зміна кута нахилу конвеєра, висоти розташування окремих вальців, зазору між ними, частоти і напрямку обертання окремих вальців і цілих груп, а також різна комбінація як за формою, так і за матеріалом поверхні вальців дозволяє гнучко налаштовувати подібні очисники на оптимальний режим очищення. Перевагами вальцевих очищувачів також є: компактність, відносна простота пристрою, зручність в обслуговуванні, висока стійкість до стирання, що забезпечує якісне очищення коренеплодів та найбільша з усіх відомих очищувачів здатність відділення рослинних домішок.

До недоліків вальцевих очищувачів відносяться: недостатня руйнівна здатність до твердих ґрунтових грудок, зниження працездатності і підвищення енергоємності при роботі на вологих ґрунтах, пошкоджуваність коренеплодів (облом хвостової частини, пошкодження зовнішньої кори), особливо при обертанні вальців назустріч один одному, нездатність піднімати купу коренеплодів на значну висоту.

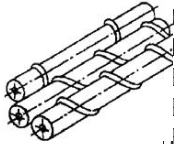
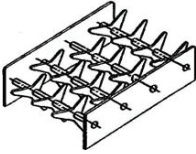
Кулачкові конвеєри-очисники складаються з паралельних валів з закріпленими на них кулачками різноманітної форми (від простих багатокутників, дисків і лопатей до досить складних фігур) [150]. Особливістю кулачкових валів в порівнянні з вальцевими є те, що вони зазвичай встановлюються з перекриттям один щодо одного, що сприяє їх самоочищенню. Кулачкові вали використовуються не тільки в конвеєри-очиснику, але і в якості передавального пристрою від одного пруткового транспортера до іншого за наявності у них скребків у вигляді зачепів, а також в якості приймально-забірного пристрою у складі підбирача-навантажувача коренеплодів

Кулачкових очищувачі характеризуються компактністю, високою транспортною і очисною спроможністю, особливо від ґрунтових грудок [151], хорошим компонуванням з вальцевими і прутковими очисниками.

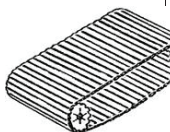
Недоліками кулачкових очищувачів є намотування бур'янів на вали з наступним забиванням очищувача, заклинювання при попаданні каменів і сторонніх предметів між лопатями суміжних кулачків, підвищена кількість пошкоджених коренеплодів, складність конструкції, нездатність піднімати купу на значну висоту.

Таблиця 5.3

Очисники вороху коренеплодів

Тип очисника	Фирма - виробник, марка машини /комбайна/
1	2
Вальцевий 	Alloway, Amity WIC 2300/2500/2700, Art's Way 4600, 6812A, Parma 2200/2700/2900, Wil-Rich Red River 430/622/630/822, Gebo SRL 300 WR, RL 300 WR, RRL 160 WR, RRL 180 KR, Holmer Terra Dos, Terra Felis, RRL, Grimme Maxtron 620, Rootster 604, Kleine KR-6, R 6, SF 10.2, SF 20, RL 200 SF, RL 350 V, Ropa euro-Tiger V8-3, euro-Maus 3, euro-BunkerMaus 3, Matrot M 2011 plus, Moreau Lexxis 6/8 rang, Suptra 9.12, Vervae t 17T, Beet Eater, Garford Victor, CTM 500, 9000, Barigelli B/6-4×4-S, B/CS 8000, Fontani AF 140 «Galeone», Stacmec AB 16SL, AB 23S/SL, Thyregod T7 , T9, TT 800, TR-7, TR-8, TIM SR 2500, Madim A6, Гомсельмаш КСН-6, Moldagrotehnica MSS-6, БОРЕКС КНБ-6, КВЦБ-1,2, ДКЗ РКС-6, МКК-6, РКМ-6-01/02/05/07, СПС-4,2А, ТеКЗ КСБ-6, КС-6Б, КС-6Б-01/02/03/07/10, МКП-6, МКП-4, Осколагро СПО-4,2, Рязанський КЗ КПС-6, ОКБ «Союз» КВС-6
Кулачкови 	Gebo SRL 300 WR, RRL 180 KR, Holmer Terra Felis, Kleine SF 20, RL 200 SF, RL 350 V, Grimme Maxtron 620, Ropa euro-Maus 3, euro-BunkerMaus 3, Barigelli B/CS 8000, Edenhall 743, 744, Vervae t, Thyregod T7 , T9, TT 800, TR-7, TR-8, ДКЗ МКК-6-02, РКМ-6-05, СПС-4,2А, КСП-2, ТеКЗ КС-6Б, КС-6Б-01/02/03/07

Прутковий



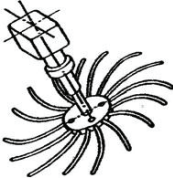
Alloway, Amity WIC 2300/2500/2700, **Art's Way** 4600, 6812A, **Parma**

2200/2700/2900, **Wil-Rich** Red River 430/622/630/822, **Bleinroth** LB-20/25, TLB-30, **Gebo** SRL 300 WR, RL 300 WR, RRL 160 WR, RRL 180 KR, **Holmer**

Terra Dos, Terra Felis, RRL, **Grimme** Maxtron 620, Rootster 604, **Kleine** KR-2, L 6, SF 10.2, SF 20, RL 200 SF, RL 350 V, **Ropa** euro-Tiger V8-3, euro-Maus 3, euro-BunkerMaus 3, **Stoll** V100, V202, V300, V300SF, 600 SF, **CMC** DB 4000, **Franquet** Tetra, TE 2/3, CDN 2000, **Herriau** TH-5, Super, **IPS Construction** Mega Master DB50, Mega Star DB75, **Matrot** M 41H, Magister, M 2011 plus, **Moreau** ARC 6S, GR4005, Lectra 4005, Lectra V2, Lexxis 6/8/9 rang, Voltra

Cobra, Xerris, Voltra 6-24, Suptra 9.12, **Sopema** DT 40, **Agrifac** 9000S, ZA 215 EH, WKM Big Six, HEXA, **Riecam** 400 T, **Vervaeet** 17T, Beet Eater, **AgriService**, **C.M.G.** CDR 30/40, **Dewulf** R 7150, 9150, **Gilles** R 136T/TS, RB 240T, RB 410T-THT/TS/ Turboclean, **CTM** 500, 9000, **Garford** Victor, **Larrington**, **Standen** Spectrum MK2, **Barigelli** B1 4×4-S, Europa 4×4, B3 4×4-S, B/6-4×4-S, B/AC-120, B/CS 8000, **Bassi** Mb6S, Big Car, **Fontani** CN/90, **Mazzotti** MB6S, **Rimeco** B3 4×4, **Stacmec** AB 16SL, AB 23S/SL, **Edenhall** 734, 743, 744, **Thyregod** T7, T9, TT 800, TR-7, TR-8, **TIM** SR 2500, MII SA/TE 120, KRB/S 212, MIII-SH1204, **Juko** 100, XJ100, XJ200, **Alparslan** ALP03HM, **Altinörs** A3, CD2000B, D2000S, D2000THO, HD1700, **Ayhan Dündar** AD1500, AD2200, **Barış**, **Bayramoğlu**, **Dündar** B-HE, YD-HE, **Ekerler** E2000, EH2000, E3000, EH3000, E5000, **Harmak** PHM-2, **Köylü** KSBH 03, **Ölçer** Hidro Elektrik, Hidrolik Kumandalı Mekanik, **Özen İş** KPHM-4, KPHM5, **Sonmezler** Collina-S, **Torunoğlu** H4200, S3400, L3200, **Cadusa**, **De Puente** P, Titan, **Fuertes** F1, F2, **Mace** RT 307/310/314, **Madim** 3000H, 3500, M6, M10, **Majevisa** M-519, M-520, CN-21, **ТАКА** 2900, **Гомсельмаш** СКС-624, **Moldagrotehnica** MIS-6, **БОРЭКС** КНБ-6, ПНБВ-1,6, **ДКЗ** РКС-6, МКК-6, РКМ-6-01/02/05/07, СПС-4,2А, МКР-2-3, КСП-2, **Ніжинський** МЗ СУМ-6, ПСП-2, **ТеКЗ** КСБ-6, КС-6Б, КС-6Б-01/02/03/ 07/10, МКП-6, МКП-4, **Уманьферммаш** АЗК-6.03, **АОМЗ** ПС-1, ПС-2, **Кочубеєвський** РЗ СКП-6, Ритм КПС-6, **Рязанський** КЗ КПС-6

Закінчення таблиці 5.3

1	2
<p>Турбінний</p> 	<p>Bleinroth LB-20/25, TLB-30, Holmer Terra Dos, Kleine KR-2, R 6, L 6, SF</p> <p>10.2, Ropa euro-Tiger V8-3, Stoll V100, V202, V300, V300SF, 600 SF, CMC DB 4000, Franquet Tetra, TE 6, TE 2/3, CDN 2000, Herriau TH-5, SCORE II, Super, IPS Construction 12R, Mega Master DB50, Mega Star DB75, Matrot M 41H, Magister, M 2011 plus, Moreau ARC 6S, GR4005, Lectra 4005, Lectra</p> <p>V2, Lexxis 6/8 rang, Voltra Cobra, Xerris, Voltra 6-24, Suptra 9.12, Sopema DT 40, Agrifac 9000S, ZA 215 EH, WKM Big Six, HEXA, Riecam 400 T, Vervaet</p> <p>17T, Beet Eater, Dewulf Beeta 6, Orbitt, R 7150, R 9150, Gilles ASC/AD 49, AS/AD 80, R 136T/TS, RB 240T, RB 410T-THT/TS/Turboclean, Agri-Service, C.M.G. Beet-Lift, CDR 30/40, Barigelli B1 4×4-S, Europa 4×4, B3 4×4-S, B/64×4-S, B/6-S, B/6C-45/50, B/AC-120, Bassi Mb6S, Big Car, Fontani AF 140</p> <p>«Galeone», EF/6V, Mazzotti MB6S, MB2200, Rimeco B3 4×4, Stacmec SV</p> <p>6F45/50, RTV 6F45/50, Edenhall 734, 743, 744, Thyregod T7, T9, TT 800,</p> <p>TIM SR 2500, MII SA/TE 120, KRB/S 212, MIII-SH1204, Alparslan ALP03HM, Altinörs A3, CD2000B, D2000S, D2000THO, HD1700, Ayhan Dündar AD1500, AD2200, Barış, Bayramoğlu, Dündar B-HE, YD-HE, Ekerler E2000, EH2000, E3000, EH3000, E5000, Harmak PHM-2, Köylü KSBH 03, Ölçer Hidro Elektrik, Hidrolik Kumandalı Mekanik, Özen İş KPHM-4, KPHM5, Sonmezler Collina-S, Torunoğlu H4200, S3400, L3200, Cadusa, Mace RT</p> <p>307/310/314, Madim 3000H, 3500, M6, M10, Majejica ADS, M-519, M-520, ТАКА 2900, Гомсельмаш СКС-624, КСН-6, Moldagrotehnica MRS-6, MIS6, БОРЕКС КНБ-6, ПНБВ-1,6, Ніжинський МЗ СУМ-6, КСН 2-050 ,</p> <p>Уманьферммаш АЗК-6.01, АОМЗ АС-1, ПС-1, Кочубевський РЗ СКП-6,</p> <p>Ритм КПС-6, Рязанський КЗ КПС-6</p>

Пруткові конвеєри-очисники бувають одноконтурними і двоконтурними. Одноконтурний прутковий очищувач складається з нескінченного полотна, утвореного паралельно встановленими з постійним кроком прутками. Прутки надягають на зірочки двох валів, один з яких є приводним, і з'єднуються між собою за допомогою гнучких елементів, в якості яких використовуються гачки на кінцях прутків, втулкові і втулочно-роликіві ланцюги, плоскі і зубчасті прогумовані ремені [116]. Для зниження пошкоджуваності коренеплодів застосовують обгумовані прутки. Використовуються прямі і вигнуті прутки. Послідовне чергування прутків з різним вигином (всередину і назовні), включаючи і прямолінійні прутки, забезпечує надійне транспортування купи при великих кутах підйому елеватора. Установка скребків і зацепів на прутках забезпечує підйом вороху під кутом до горизонту до 90°. Очищення коренеплодів відбувається в результаті просіювання ґрунту між прутками. Для інтенсифікації процесу очищення робочому полотну пруткового елеватора надають коливальний рух за допомогою струшувачів різної конструкції.

Двоконтурний прутковий конвеєр-очисник складається з двох паралельно встановлених між собою нескінченних пруткових полотен. Ворох коренеплодів переміщається між верхнім полотном нижнього і нижнім полотном верхнього контурів. За рахунок цього можна переміщати купу коренеплодів під будь-яким кутом до горизонту, аж до вертикального напрямку. При різній лінійній швидкості полотен забезпечується повертання компонентів вороху і більш ефективне очищення коренеплодів від ґрунту.

До переваг пруткових очищувачів відносяться: простота конструкції, компактність, висока транспортуюча здатність, можливість переміщення вороху на значну відстань і висоту, висока якість очищення коренеплодів на піщаних ґрунтах, низька пошкоджуваність коренеплодів. Недоліками є: значна металоємність, нездатність руйнування та відділення від коренеплодів твердих грудок ґрунту, залипання міжпруткових зазорів полотна при роботі на вологих ґрунтах, велика кількість рухомих елементів конструкції і в зв'язку з цим підвищене зношування в абразивному середовищі робочих поверхонь і, як наслідок, невеликий ресурс роботи.

Турбінні конвеєри-очисники являють собою сонцеподібні диски, встановлені на кінці вала, розташованого вертикально або з невеликим відхиленням від вертикалі (рис. 5.12). Диски утворені прутками, закріпленими на валу зазвичай за допомогою фланців. Зовнішні кінці прутків можуть бути вільними і зв'язаними між собою за допомогою пруткового

кільця. По твірній диска встановлюється решітка, утворена або поздовжніми прутками (гладка решітка), або поперечними пружинними зубами (ребриста решітка). Для інтенсифікації процесу очищення в комбайнах Matrot M 2011 plus і Кгота в стінку решітки вмонтовані ротори з пальцями (рис. 5 12, б).

Ворох коренеплодів, що надійшов на обертовий диск, відкидається відцентровими силами інерції до периферії, де піддаючись тертю і ударним впливам прутків диска і решітки, звільняється від домішок ґрунту і рослинності. Можлива послідовна передача оберемка коренеплодів від однієї або двох турбін до подальшої третьої турбіни. При відхиленні валів турбін на невеликий кут від вертикалі забезпечується поступовий підйом оберемка коренеплодів по довжині очисного тракту.

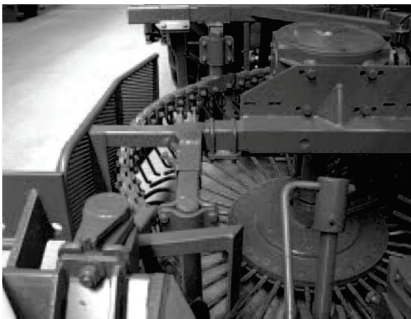


Рис. 5.12. Турбінні очисники вороху коренеплодів:
а) Herriau; б) Matrot

До недоліків турбінних очищувачів слід віднести підвищену кількість пошкоджень коренеплодів, незадовільне відділення з купи коренеплодів твердих грудок ґрунту, нездатність піднімати купу коренеплодів на значну висоту, досить великі габарити, особливо по довжині, що призводить до "видовження" машини.

Поряд з такими перевагами турбінних очищувачів як простота споруди, висока інтенсивність відділення ґрунтових домішок, головною є можливість використання разом з лемешно-дисковими копачами при розробці коренезбиральної машини КС - 6Б - 05 (В) для комбінованих міжрядь (див. Розділ 7).

5.4. Сучасний стан і напрямки вдосконалення технологій та технічних засобів для збирання коренеплодів

5.4.1. Технологічні прийоми збирання коренеплодів

У світовому масштабі системи, способи та техніка для збирання коренеплодів характеризуються великою різноманітністю. В залежності від транспортування коренеплодів під час їх збирання можна виділити три найбільш поширених способи збирання - потоковий, перевалочний та потоково-перевалочний (рис. 5.13) [31].

При поточковому способі збирання викопувані бурякозбиральними машинами коренеплоди навантажуються у вантажівки чи інші транспортні засоби, що рухаються поруч, і доставляються на бурякозбиральні пункти заводів.

При перевалочному способі збирання коренеплоди навантажуються в транспортні засоби з-під бурякозбиральних машин і доставляються в польові кагати для тимчасового зберігання та подальшого навантаження буряконавантажувачами-очисниками у вантажівки для перевезення на бурякозбиральні пункти.

Потоково-перевалочний спосіб збирання поєднує поточковий та перевалочний способи.

Основними технологічними способами збирання гички і коренеплодів буряків цукрових є 1-, 2- і 3-фазний (табл. 5.4).

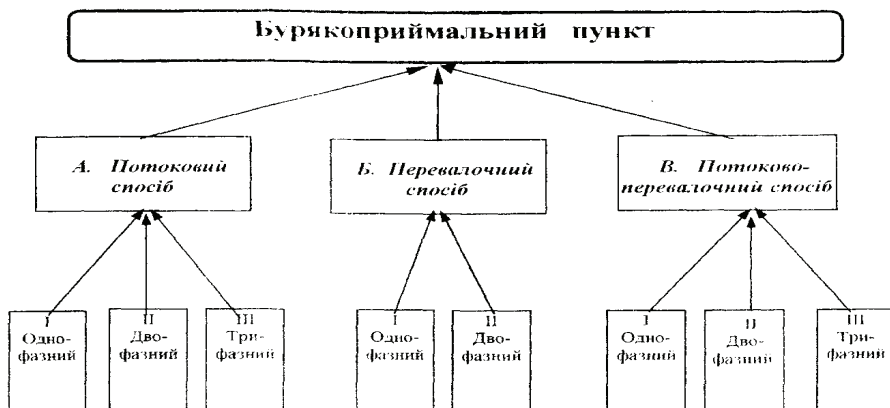














Рис. 5.13. Способи збирання урожаю буряків цукрових







Способи збирання коренеплодів

Однофазне збирання			
Показники	 KRB 1 Комбайн бункерний 1-рядний	 KRB-SF 1 Комбайн самохідний бункерний 1-рядний	 KRB 2 Комбайн бункерний 2-рядний
Марки	Stoll V 100; Juko 100/XJ100; Mace; Madim 3000H, 3500; Alparslan ALP-03HM; Altinörs D 2000 THO/S, CD2000B, HD1700, C1061; Asbir; Ayhan Dünder AD2200/1500; Barış; Dünder B-HE, YD-HE; Ekerler E5000, EH/E 3000, EH/E2000; Erpul; Köylü KSBH03; Ertuğrullar; Harmak PHM2; Torunoğlu H4200, L3200, S3400; Ölçer; Özen İş KPHM-4/5; Sönmezler PH-01, CollinaS; Yiğit; ITMCO 217R02 Sanei BSR475/475A, 575J/JT	Barigelli B/1-4×4-S; Altinörs A3 KENDİ YÜRÜR 4×4	Kleine KR 2; Stoll V 202; Juko XJ 200; Thyregod T7; Tim MII SA/TE 120, KRB/S 212; Sanei B-2; Tek3 KB-2
Місткість бункера, т/м ³	(1-4,5)/(1,5-6,8)	(2,5-3)/(4-4,5)	(3,7-8)/(5,5 - 12)
Потужність двигуна (SF), кВт	-	60-125	-
Маса, т	1,39-3	6-6,6	2,1-7,5
Показники	 KRB-SF 2 Комбайн бункерний самохідний 2-рядний	 KRB 3 Комбайн бункерний 3-рядний	 KRB-SF 3 Комбайн бункерний самохідний 3-рядний
Марки	Barigelli Europa-4×4; Mazzotti Mb 2200; Majevisa M-519	Stoll V 300; Edenhall 743; Tim MIII SH 1204; Thyregod TT800, T7, T9	Stoll V 300 SF; Barigelli B/3-4×4-S; Rimeco Aquila DUE-bifila, Aquila DUE-trifila

Місткість бункера, т/м³	(4,5-7)/(7-11)	(8-11)/(12-17)	(7,5-11)/(11,5-17)
Потужність двигуна (SF), кВт	154-176	-	145-220
Маса, т	9,28-11	7,5-8,2	10,2-12,9
Показники	 <p>KRB 4</p> <p>Комбайн бункерний 4-рядний</p>	 <p>KRB-SF 6 (kleine)</p> <p>Комбайн бункерний самохідний 6-рядний, малий</p>	 <p>KRB-SF 6 (mittel)</p> <p>Комбайн бункерний самохідний 6-рядний, середній</p>
Марки	Edenhall 734; Edenhall 744; Thyregod T9	Kleine SF 10, SF 10-2; Franquet TETRA; Herriau Préservasol 800; Agrifac WKM 9000	Holmer Terra DosT3; Kleine SF 20; Stoll V 600 SF; Matrot M 2011 Plus, Kroma; Moreau Voltra 6-24, Cobra, Xerris; Vervaeet 17T, Beet Eater 617; Agrifac WKM 9000S, ZA215 EH; Riecam RBM 400 T/S; Barigelli B/6-4×4-S; Tim SR 2500; CKC624 «Полесьє»
Місткість бункера, т/м³	(9-10)/(14-15)	(8,5-12)/(13-18)	(13-20)/(20-30)
Потужність двигуна (SF), кВт	-	221-309	235-362
Маса, т	8,2-9	15,1-21	19-25,7







Продовження таблиці 5.4


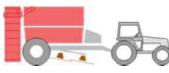

Показники	 <p>KRB-SF 6 (gross)</p> <p>Комбайн бункерний самохідний 6-рядний, великий</p>	 <p>KRB-SF 9</p> <p>Комбайн бункерний самохідний 9-рядний</p>	 <p>KRB-SF 12</p> <p>Комбайн бункерний самохідний 12-рядний</p>
Марки	Agrifac WKM Big Six; Grimme Maxtron 620, Rexor 620; Vervaeet Beet Eater 625; ROPA euro-TIGER V8-3	ROPA euro-TIGER V8-3; Vervaeet Beet Eater 925 ; Agrifac HEXA 9	Agrifac HEXA 12
Місткість бункера, т/м³	(22-28)/(33-43)	(25-28)/(38-43)	33/50
Потужність двигуна (SF), кВт	360-444	440-444	440

Маса, т	28-32,5	35	40
Показники	 <p>KRL 3/4/6</p> <p>Гичкозбиральна і коренезбиральна машини, 3/4/6-рядні</p>	 <p>KRL-SF 6</p> <p>Комбайн самохідний 6-рядний</p>	 <p>KRL-SF 8/9</p> <p>Комбайн самохідний 8/9-рядний</p>
Марки	Grimme FT 270V+Rootster 604; Moreau EP 12+ARC 6; Franquet Saïga+ TE 6; Standen-Pearson Spectrum MK2; Garford Victor 3/4/6	Moreau GR 4000/4005, LECTRA 4005, LECTRA V2, Lexxis; Matrot M 41, Magister; Herriau TH 5, Majejica M-520; ДКЗ РКМ 607 «Кристалл»; ТеКЗ КСБ-6 «Збруч», КС-6Б-10	Moreau Suptra 9.12, Lexxis
Місткість бункера, т/м³	(0-4)/(0-6)	(0-5,2)/(0-8)	(4-7,8)/(6-12)
Потужність двигуна (SF), кВт	-	136-261	275-329
Маса, т	3,7-8,25	9,7-17	16
Двохфазне збирання			
Показники	 <p>KR 6</p> <p>Комбайн-валкоукладчик 6-рядний</p>	 <p>KR-SF 6</p> <p>Комбайн-валкоукладчик самохідний 6-рядний</p>	 <p>K,R 6</p> <p>Гичкозбиральна машина і копач-валкоукладчик, 6-рядні</p>
Марки	Kleine KR-6II; Barigelli B/6-S, Stacmec RTV6F; KCH-6 «Полесьє»; ОКБ «Союз» КВС-6	Dewulf Orbitt	Moreau EP 11/12+ADS 700 / AS 450, EP 11/12+AS 2500 / AD 2800; Franquet Super Saïga+TE2/TE3; Dutrieux AgriService, Fontani DF/6A+ EF/6V; Barigelli B/6-C; Bassi Mb6D+Mb6S; Mazzotti MB6D +MB6S; Stacmec DE6F+ SV6F; Dewulf Beeta 6; Gilles TR14+AD/ASC 49; C.M.G. Beet-Leaf+Beet-Lift
Місткість бункера, т/м³	-	-	-

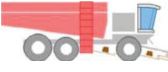


Потужність двигуна (SF), кВт	-	×	-
Маса, т	2,8-3,5	×	2,39-3,7



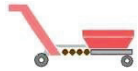

Продовження таблиці 5.4

Показники	K,R 8 	K,R 12 	RL 2/3/4 
	Гичкозбиральна машина і копач-валкоукладчик, 8-рядні	Гичкозбиральна машина і копач-валкоукладчик, 12-рядні	Коренезбиральна машина 2/3/4-рядна
Марки	Gilles TR16/TR80+AD/AS80; Gilles TR80+C.M.G. Beet-Lift 8	JPS 12 Rangs	Agromet-Javor Nornica; Cadusa; ДКЗ МКР-2-3; Tek3 МКП-4
Місткість бункера, т/м ³	-	-	-
Потужність двигуна (SF), кВт	-	-	-
Маса, т	4,1-5	×	2,3-4,7
Показники	RL-SF 6 	RL 6 	RL 4/6/8/12 
	Коренезбиральна машина самохідна 6-рядна	Коренезбиральна машина 6-рядна	Коренезбиральна машина 4/6/8/12-рядна
Марки	Tek3 KC-6Б/01/02/03/07; ДКЗ РКС-6, МКК-6-02, РКМ-6-01/05	Grimme Rootster 604; Moreau ARC 6; Franquet TE 6; Cadusa; БОРЕКС КНБ-6; Ніжинський МЗ СУМ-6; Tek3 МКП-6; Кочубевський РЗ СКП-6; Ритм КПС-6; Рязанський КЗ КПС-6	Amity WIC 2300/2500/2700 ; ART'S WAY 6812A; Alloway, Parma 2200/2700/2900; WilRich Red River 430/622/630/822
Місткість бункера, т/м ³	(0-0,3)/(0-0,5)	(0-4)/(0-6)	(4-8)/(6-12)
Потужність двигуна (SF), кВт	59-129	-	-
Маса, т	7,8-9	4-7,1	6-16,3
Двох-трьох фазне збирання			

Показники	L	LB	LB-SF (mittel)
			
	Підбирач-навантажувач	Підбирач-перевантажувач	Підбирач-перевантажувач самохідний, середній
Марки	Kleine L6; Franquet CDN 2000; Moreau CN 40; Gilles 136T/TS; Fontani CN/90; Herriau Super; Majevisa CN21; ТАКА 2900; Уманьферммаш АЗК-6-03; БОРЕКС ПНБВ-1,6; Ніжинський МЗ ПСП-2; ППК-6 «Полесьє»; Moldagrotehnica MIS-6; Рязанський КЗ ПКП-0,8; АОМЗ ПС-2	Bleinroth TLB 30, LB 20, LB 25; Sopema DT 40; Barigelli B/AC-120; Bassi Big Car; Fontani AF140 «Galeone»; Rimeco Falcon 142, Falcon 242; Stacmec AB 16SL, AB 23S/SL; De Puente P, Titan; Fuertes F1, F2; Guerra CTRH3; Mace RT 307/310/314 ; Madim M6, M10	Dewulf R7150; C.M.G. CDR 30, Dutrieux Agri-Service
Місткість бункера, т/м ³	(0-1)/(0-1,5)	(5-27)/(7-40)	(16-20)/(24-30)
Потужність двигуна (SF), кВт	-	-	286-368
Маса, т	1,83-3,34	6,75-37,7	17-20

Закінчення таблиці 5.4

Показники	LB-SF (gross)	К 6	К 6/8/12
			
	Підбирач-перевантажувач самохідний, великий	Гичкозбиральна машина 6-рядна	Гичкозбиральна машина 6/8/12-рядна
Марки	JPS Mega Master, Mega Star; CMC DB 4000; Dewulf R9150; Gilles RB 240T/410T-TNT/TS/turboclean; C.M.G. CDR 40	Kleine K6IIIG; Grimme BM 330/300; Herriau; Moreau ET 12; Sopema; Fontani DF/6P; Mace; Madim P6; Majevisa M536; Белдормаш БМ-6В; ДКЗ МГН-6, МБП-6, МБК-2,7; ТеКЗ БМ-6Б, МГШ-6, МБР-6-04, ОГД-6А; Уманьферммаш МГ6; Moldagrotehnica MF-6; АОМЗ АБ-1; Рязанський КЗ УБС-6А, ОГД-6М, БУН-4 /6; Ритм РБМ-6; Кочубеевський РЗ БС-6	Amity WIC; ART'S WAY 86/638/1222; Alloway; arna 144/180/264
Місткість бункера, т/м ³	(22-50)/(34-75)	-	-

Потужність двигуна (SF), кВт	315-485	-	-
Маса, т	17,5-30	1,2-3,3	2,3-5,2
Трьохфазне збирання		Перевалочна технологія	
Показники	<p>К 6</p>  <p>Копатач-валкоукладчик, 6-рядний</p>	<p>I</p>  <p>Навантажувач</p>	<p>BL</p>  <p>Бункер-навантажувач стаціонарний</p>
Марки	Kleine R 6; Herrial SCORE II; Fontani EF/6V; Cadusa; Mace; Madim A6; Majevisa ADS; Ніжинський МЗ КСН 2-050; БОРЕКС КВЦБ1,2; Уманьферммаш АЗК-6-02; Moldagrotehnica MRS-6, SS-6; Рязанський КЗ ВУН-4/6; АОМЗ АС-1	Holmer Terra Felis; Gebo SRL 300 WR; Kleine RL 200 SF, RL 350 V; Ropa euro-Maus e-M3; Barigelli B/CS 8000; Амкодор ПС-200; Осколаро СПО-4,2; ДКЗ СПС-4,2А	Gebo RRL 160 WR, RRL 180 KR/S; Holmer RRL; Grimme RH 24-60; Thyregod TR 7, TR 8; CTM Harpley CTM 500, CTM 9000; Larrington; Niagri; Nicholson; Tailor Made; Terry Johnson Todd Hydro-Inspecta 900/1300, Todd Mark V1
Місткість бункера, т/м ³	-	-	(6-14)/(9-22)
Потужність двигуна (SF), кВт	-	57-240	16-127
Маса, т	1,06-1,68	9,17-23,5	6,8-10,2
Показатели	<p>Умовні позначення нем./укр.:</p> <p>K - Körpfen/Видалення гички;</p> <p>R - Roden (und Reinigen)/Викопування (і очистка) ; L - Laden (und Reinigen)/Навантаження (і очистка); B - Bunkern/Збір у бункер;</p> <p>SF Selbstfahrend/Самохідний; «,» відноситься для окремого агрегата</p> <p>Примеры:</p> <p>K, R 6 – фронтальна гичкозбиральна машина, задня коренезбиральна машина, шість рядків;</p> <p>KRB-SF 6 – самохідний бункерний комбайн, шість рядків; RL 3 – коренезбиральна машина тракторна, три рядки; L – навантажувач-очишувач тракторний;</p> <p>LB – підбирач-очишувач-навантажувач бункерний (підбирач-перенавантажувач).</p>		<p>BL-SF</p>  <p>Бункер-навантажувач самохідний</p>
Марки			Gebo BM 200, RL 300 WR; Ropa Euro-Bunkermaus e-BM3
Місткість бункера, т/м ³			(4-8)/(6-12)
Потужність двигуна (SF), кВт			130-230
Маса, т			12,5-23,5

При однофазному способі збирання KRB і KRL (відповідно до позначень у табл. 5.4.) комбайном за один прохід видаляється гичка, коренеплоди викопуються, очищаються від домішок, збираються в бункері і (або) завантажуються в транспорт, що рухається поруч. Зрізана з коренеплодів гичка подрібнюється і розкидається по полю або збирається в транспорт. До переваг прямого комбайнування слід віднести одноразовий прохід збирального агрегату по полю, використання машин одного типу при мінімальній їх кількості. В даний час на однофазне збирання припадає понад 58% номенклатури усієї використовуваної в світі техніки, причому 19.5% - на однорядні комбайни. Якщо 1-2- рядні комбайни в своїй більшості причіпні, то 6, 8, 9 і 12- рядні - виключно самохідні SF. Провідне становище у виробництві таких комбайнів займають Німеччина, Нідерланди, Франція [87, 117]. Більшість комбайнів мають бункер-накопичувач. У багаторядних комбайнів місткість бункера достатня для повного заповнення транспортного засобу та (або) забезпечує рух комбайна без вивантаження коренеплодів на довжині гону не менше 500 м. Потужність двигуна і місткість бункера зі збільшенням рядності комбайнів збільшуються і досягають відповідно 440 кВт і 50 м³ у 12-рядного комбайна Agrifac HEXA 12 [87].

В Україні найвідоміші наступні самохідні бурякозбиральні комбайни: SF-10 Franz Kleine (Німеччина); M-41MH Matrot, GR-4000 та LECTRA-4005 Moreau (Франція); R26.45K та R26.50K ROPA (Німеччина), KRBS Holmer (рис. 5.14) (Німеччина), SR-1800 та SR-2500 TIM (Данія).

Зарубіжні бурякозбиральні комбайни являються сучасними технічно складними і досконалими машинами, відповідно мають високу вартість. Їх використання ефективне в господарствах з урожайністю понад 50 т/га та великою площею посівів (сезонний наробіток на комбайн має бути 600–800 га) [42, 53, 106].

В Україні, де, як відомо, на протязі останніх років буряки цукрові вирощуються на площі менше 400 тисяч гектарів, доцільно виробляти власний самохідний бурякозбиральний комбайн, який би відповідав таким незначним об'ємам. У Франції, наприклад, деякі моделі оснащуються бункером меншої місткості (до 7 м³), що забезпечує при порівняно невеликій масі комбайна його високу експлуатаційну продуктивність (в табл. 5.4 вони представлені як комбайни без бункера KRL). Вітчизняні аналоги таких машин стали останніми розробками ТеКЗ (рис. 5.15, 5.16) і ДКЗ (рис. 5.17), мають бункери місткістю 10 м³ і відносяться до цієї ж категорії [47, 48, 107].



Рис. 5.14. Бункерный 6-рядный комбайн Holmer Terra Dos T3



Рис. 5.15. Бункерный комбайн КСБ-6 «Збруч»



Рис. 5.16. Комбайн КС-6Б-10 «Тернопіль»



Рис. 5.17. Комбайн РКМ 6-07 «Кристалл»

У Львівській філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого на протязі 2001–2004 років досліджували роботу нових вітчизняних бурякозбиральних комбайнів.

Аналіз показників питомої витрати палива й затрат праці за різних технологій збирання свідчить про перевагу однофазного (комбайнового) способу збирання над серійним комплексом машин, в якому збирання здійснюється трьома окремими машинами: гичкозбиральною, доочисником головок коренеплодів і коренезбиральною. Так, витрати палива на КС-6Б-10 і

РКМ-6-07 менші на 50,4–54,5%, а затрати праці в 2,56–2,74 раза менші, ніж у комплексу серійних машин у складі БМ-6Б + ОГД-6А + КС-6Б [48].

Науковими працівниками НДІ “Укragenпромпродуктивність” доведено, що вартість коренезбиральної техніки імпортного виробництва в 2,5 раза вища за ціну вітчизняних комбайнів. Нові вітчизняні машини для збирання буряків цукрових, зокрема РКМ-6-07 і КС-6Б-10, за показниками економічної ефективності, мають переваги над комплексом машин і коренезбиральним комбайном М41 МН Matrot, а саме: річний економічний ефект (у цінах 2005 року) становить 32028,75 і 25321,68 грн, і, відповідно, — 184057,38 та 173034,90 грн.

Показовими є дослідження, де порівнювались техніко-економічні показники роботи самохідного комбайна Holmer Terra Dos (рис. 5.14), вітчизняної самохідної коренезбиральної машина КС-6Б-02 та причіпної коренезбиральної машини Amity WIC 2500 [158].

Головними перевагами зарубіжних машин є якісне збирання коренеплодів буряка цукрового навіть за найнесприятливіших умов та наявність бункера-накопичувача, що дозволяє вивільнити значна кількість технологічного транспорту і використовувати його на інших роботах, зменшити експлуатаційні витрати в 1,8 рази (табл. 5.5).

Підрахунки витрат на збирання буряків відносно продуктивності машин показали, що найменше їх припадає на Holmer Terra Dos - 1010,7 грн / га (при тому, що крім викопування коренеплодів комбайн попередньо зрізує гичку), потім WIC 2500 - 1171,2 грн / га і, на кінець, КС-6Б-02 - 1487,3 грн / га. Тому на великих посівних площах вигідно використовувати високопродуктивні комбайни фірм Holmer, Kleine і т.п.

Оптимальне навантаження вітчизняного бурякозбирального комплексу за сезон становить 150-200 га, чим ще раз підтверджується висновок про доцільність його застосування на полях невеликих розмірів.

Таблиця 5.5

Порівняльна ефективність коренезбиральних машин

Показники	Технології		
	Інтенсивна	Високоефективна	Биоадаптивна
Всього витрат, грн./га (ціни 2012 року)	2231,0	2342,5	2526,7

Коренезбиральні машини	КС-6Б-02 Самохідна, збирає коренеплоди. Потужність двигуна 150 к.с.	Amity WIC 2500 Причіпна, збирає коренеплоди. Агрегується з трактором 170 к.с.	Holmer Terra Dos Самохідний, збирає гичку і коренеплоди. Потужність двигуна 480 к.с.
Витрати палива, кг/га	126,9	94,5	101,1
Витрати праці, люд-год./га	9,7	17,3	18,9
Продуктивність, га/год.	1,5	2,0	2,5
Витрати на збирання в залежності від продуктивності коренезбиральних машин, грн./га	1487,3	1171,2	1010,7

Однофазне збирання може здійснюватися за допомогою тракторного агрегату з фронтальною гичкозбиральною К та причіпною коренезбиральною машинами RL, якщо коренезбиральна машина має бункер, так як, наприклад, Franquet TE6 (місткість бункера 1,2 м³) і пристрій-транспортер для навантаження викопаних коренеплодів у транспортний засіб, що рухається поруч [31].

У нашій країні такі дослідження проводяться в ІБКіЦБ, УкрНДІСГОМ, ННЦ «ІМЕСГ», ХДТУСГ, ВАТ «БОРЕКС», Уманьферммаш як на базі нових вітчизняних орно-просапних тракторів ХТЗ-16031 (рис. 5.18) і ХТЗ-121, так і агрегованими з тракторами МТЗ-80/82 навісною гичкозбиральною машиною (рис.5.22), причіпним копачем-навантажувачем КНБ-6 (рис. 5.19); напівнавісними копачами-валкоукладчиками (рис. 5.20; 5.23); причіпними підбирачами-навантажувачами коренеплодів з валків (рис. 5.21; 5.24) та інших зразків дослідних бурякозбиральних машин [33, 34, 74, 114, 115, 139].



Рис. 5.18 Копач-валкоукладчик КВЦБ-1,2 БОРЕКС. в агрегаті з трактором ХТЗ-16031



Рис. 5.19. Копач-навантажувач коренеплодів КНБ-6 БОРЕКС



Рис. 5.20. Копач-валкоукладчик коренеплодів КВЦБ-1,2 БОРЕКС



Рис. 5.21. Підбирач-навантажувач коренеплодів з валків ПНБВ-1,6 БОРЕКС



Рис. 5.22. Машина гичкозбиральна МГ-6 Уманьферммаш



Рис. 5.23. Копач-валкоукладчик АЗК-6-01 Уманьферммаш



Рис.5.24. Підбирач-навантажувач коренеплодів з валків АЗК-6-03 Уманьферммаш

Двофазний спосіб здійснюється за двома технологіями: потоковою і перевалочною. При поточної технології K+RL у першій фазі збирають гичку гичкозбиральною машиною K, а у другій - коренеплоди коренезбиральною машиною RL.(табл. 5.4). В Україні, як і у колишньому СРСР збирання буряка цукрового проводиться саме за такою технологією з використанням причіпних гичкозбиральних машин БМ-6Б (рис. 5.25), МБП-6, МБК-2,7 і самохідних коренезбиральних машин КС-6Б (рис. 5.26, 5.27). РКС-6 (рис. 5.28), МКК-6. Недоліком двофазного збирання є жорстка взаємозалежність двох агрегатів, що працюють в одному комплексі.

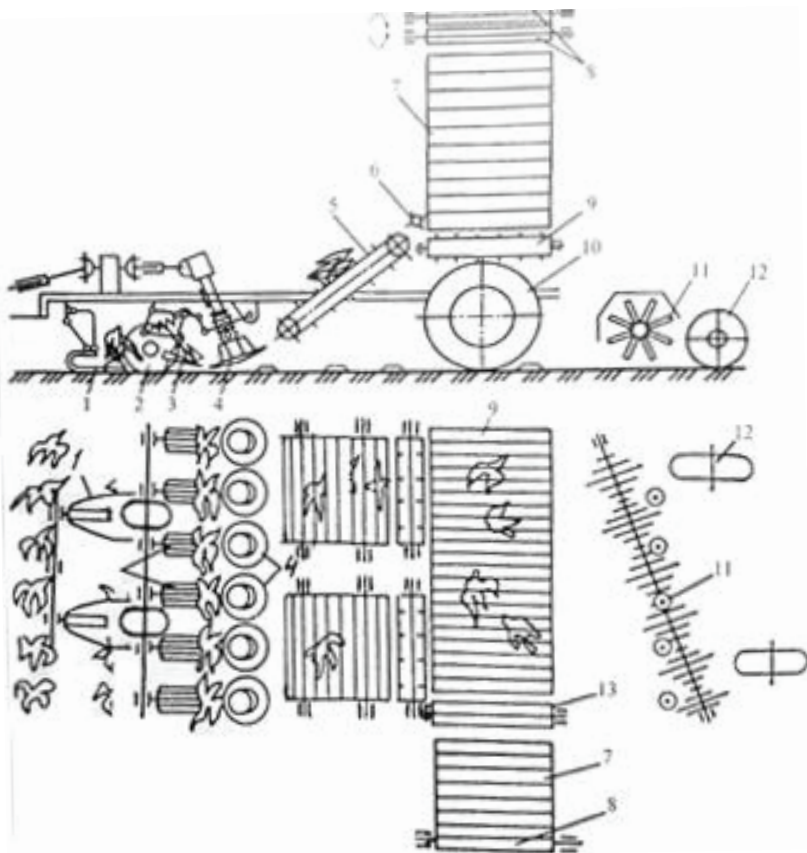


Рис. 5.25. Схема технологічного процесу гичкозбиральної машини БМ-6Б: 1-механізм водіння по рядкам; 2-коесо опорне; 3-пристрій копіюючий; 4-апарат гичкозрізувальний; 5-транспортер поздовжній; 6 і 13-бітери; 7-транспортер

вивантажувальний; 8-барабани кидання гички; 9-транспортер поперечний; 10-ходова частина; 11-очисник головок; 12-колесо опорне очисника



Рис. 5.26. Коренезбиральна машина Кс-6Б в роботі

До загальних недоліків приведених коренезбиральних машин українського виробництва слід віднести відсутність бункера-накопичувача. Наприклад, у США провідні фірми Amity, Art's Way, Alloway, Parma продукують 6, 8, 12-рядні коренезбиральні машини виключно прицепні, обладнані невеликим бункером (4,5-6,5 м³) [97].

За перевалочного способу коренеплоди від бурякозбиральних машин доставляють у польові кагати для тимчасового зберігання та подальшого доочищення з навантаженням в транспортні засоби і перевезення на бурякоприймальні пункти заводів. За потоково-перевалочного збирання поєднують потокову та перевалочну технології.

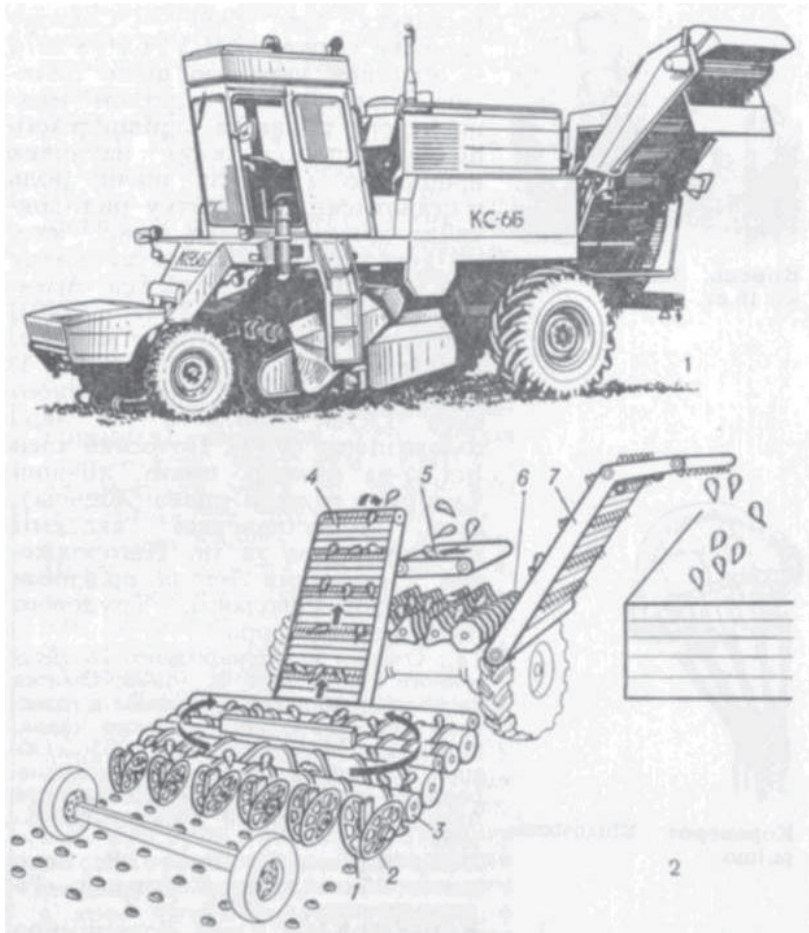


Рис. 5.27. Схема технологічного процесу коренезбиральної машини КС-6Б: 1-диск пасивний; 2-диск активний; 3-конвеєр-очисник шнековий; 4-конвеєр поздовжній; 5-конвеєр поперечний; 6-очисник кулачковий; 7-елеватор завантажувальний

Перевага перевалочної технології полягає в тому, що коренеплоди з кагата можуть підбиратися підбирачем-навантажувачем після закінчення деякого часу, достатнього для природнього висушування ґрунту в купі. В результаті можливе ефективне очищення коренеплодів підбирачем навіть за несприятливих погодних умов. З часів Радянського Союзу в Україні у

переважній більшості для цього використовують вітчизняний самохідний буряконавантажувач СПС-4,2А.

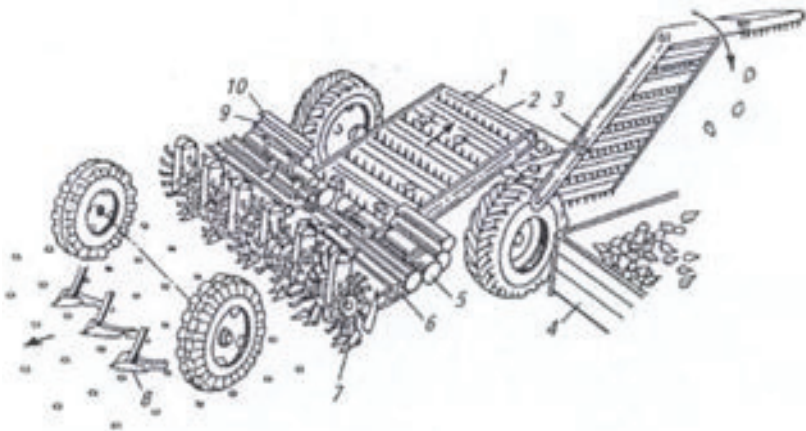


Рис.5.28. Схема технологічного процесу коренезбиральної машини РСК-6: 1-конвеєр поздовжній; 2-конвеєр поперечний; 3-елеватор завантажувальний; 4-кузов транспортного засобу; 5-очисник шнековий; 6-конвеєр-очисник приймальний; 7-копачі вильчаті; 8-копір-водиї; 9-валець; 10-бітер

У Західній Європі при використанні поточно-перевалочної і перевалочної технології збирання застосовують мобільні самохідні L-SF навантажувачі Gebo, Holmer, Kleine, Rora, Barigelli. У Великобританії, Німеччині і Данії виробляються стаціонарні ВЛ навантажувачі з прийомними завантажувальними бункерами 9-22 м³. Коренеплоди в бункер

навантажувача-очисника завантажуються з транспортних засобів або за допомогою грейферного навантажувача [154]. Продуктивність сучасних навантажувачів становить 250-350 т / год.

Фірма Franz Kleine пропонує нову розробку з оптимізації збирального процесу - причіп-перевантажувач LS 16, який повністю виключає простої техніки, можливі при перевезенні буряків вантажівками. При наповненні бункера комбайна перевантажувач приймає коренеплоди, слідує поруч з ним, а при підході автомобілів перевантажує вміст причепа в кузов вантажівки всього за 1,5 хвилини, або формує кагат на краю поля. Вивантаження коренеплодів з бункера комбайна в причіпний перевантажувач здійснюється в режимі Non-Stop, що значно підвищує продуктивність.

Не менш важливою перевагою причіпного перевантажувача LS 16 перед вантажівкою є ступінь впливу на ґрунт. При в'їзді вантажівки на поле на неї чиниться високий тиск, що негативно позначається на подальшій врожайності вирощуваних культур. Якщо питомий тиск трактора чи комбайна завдяки широкопрофільним шинам близький до ідеального, то у вантажівки цей показник в рази перевищує допустиму норму. У дощову погоду вантажівки, буксуючи, розривають колію і порушують цілісність стерні - найважливішого елемента вологозбереження. Крім того, після таких пробуксовок доводиться вирівнювати поля, проводячи додаткову культивування або боронування.

Однією з важливих складових успішної роботи сільгоспвиробника є правильно побудована логістика збирання цукрових буряків. Дане поняття означає оптимальне поєднання технічних, трудових і матеріальних ресурсів, побудова ланцюжка руху цукросировини від поля до цукрового заводу. Вибір способу і технології збирання коренеплодів із застосуванням самохідної або причіпної техніки, а також її продуктивності (робочої швидкості, ширини захвату) повинні бути обґрунтованими в кожному конкретному випадку з урахуванням ґрунтово-кліматичних і агроландшафтних особливостей, обсягу виробництва, розмірів полів, наявного машинно-технічного парку, економічної доцільності, укладу підприємства та інших організаційно-господарських факторів. При цьому слід враховувати наступні переваги самохідної техніки: велика маневреність, підвищена прохідність при несприятливих ґрунтових умовах, зручність обслуговування, кращі умови роботи механізаторів. Однак причіпна техніка в порівнянні з самохідною є значно дешевшою і простішою в обслуговуванні, має меншу масу і менше ущільнює ґрунт.

5.4.2 Світові тенденції та перспективи у виробництві технічних засобів для збирання коренеплодів

Складні інтеграційні процеси в Західній Європі і США, що відбуваються останні 20-30 років у виробництві сільськогосподарської техніки, у тому числі бурякозбиральної, коли кооперуються фірми, створюються великі концерни, корпорації і холдинги на міжнаціональному рівні, супроводжуються поглибленням спеціалізації окремих фірм на основному виді продукції, що призводить до здешевлення та підвищення якості комплектуючих і кінцевого продукту. Через розорення окремих фірм, злиття фірм і перехід на більш вузьку спеціалізацію число компаній, які збирають бурякозбиральну техніку, постійно скорочується, а виробничі потужності при цьому зростають. На цьому тлі сучасні світові тенденції у розвитку бурякозбиральної техніки наступні [32, 42, 53, 84]:

- домінуюче положення займає однофазне збирання при неухильному скороченні частки 3-фазного;
- оскільки швидкість руху машин для збирання коренеплодів технічно обмежена величиною 6-7 км / год, основним способом збільшення продуктивності процесу збирання є збільшення ширини захвата агрегатів до 8-12 рядків;
- неухильне зростання в Західній Європі частки самохідної техніки;
- найбільш поширені барабанні гичкорізи з дообрізчиками у вигляді пасивних ножа і копіра, вібраційні лемішні, дискові і лемешно-дискові копачі, турбінні та вальцеві конвеєри-очисники;
- збільшення ємності бункерів комбайнів і підбирачів-перевантажувачів до 50 м³ (супутнє зростання маси завантаженої техніки до 60 т);
- використання шин великих розмірів, заміна двовісних шасі 3-4-осним, застосування гусеничного рушія;
- перевага віддається шарнірній рамі комбайна, що забезпечує зменшення радіуса його розвороту, а за рахунок зміщення задніх коліс в сторону від крайнього неприбраного рядка - рівномірне ущільнення ґрунту;
- підвищення якості очищення і зниження пошкоджуваності коренеплодів за рахунок збільшення довжини очисного тракту до 12 м при щадному кінематичному режимі сепаруючих робочих органів;

- комплектування машин різними змінними робочими органами, найбільшою мірою адаптованими до конкретних природно-кліматичних і виробничих умов;
- робочі органи переважно мають гідравлічний привід, що спрощує кінематику, знижує металоємність, забезпечує реверсування і безступінчасту зміну частоти їх обертання;
- застосування гідростатичного приводу ходової частини;
- впровадження комп'ютерних технологій в управління машиною і робочими органами;
- використання електронної системи управління вприскуванням палива;
- впровадження автоматичної централізованої системи змащення;
- поліпшення комфортності роботи механізаторів;
- підвищення вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу.

5.5. Висновки по розділу

Для багатоукладного аграрного сектора України з її різними ґрунтово-кліматичними зонами затребувані всі технології та способи збирання коренеплодів буряків цукрових, визнані в сучасній світовій практиці. Для заповнення необхідної відсутньої техніки і в зв'язку з розширенням в майбутньому посівної площі до 800 тис. га. і вище, поряд з бункерними (10 м3) комбайнами слід розробити і освоїти промисловий випуск:

- 1) шестирядного самохідного бурякозбирального комбайна однофазного збирання з бункером в 12-20 м3 для великих господарств з площею посіву не менше 500 га і врожайністю не менше 40 т / га;
- 2) навісної спереду орно-просапного трактора типу ХТЗ-121 фронтальної шестирядної гичкозбиральної машини;
- 3) причіпного підбирача-перевантажувача з бункером 15-25 м3;
- 4) причіпного бункера-накопичувача місткістю 15-20 м3;
- 5) для фермерів і невеликих господарств 1-3-рядних навісних і причіпних бункерних комбайнів однофазного збирання, особливо універсальних, пристосованих збирати також інші коренеклубнеплоди (буряк кормовий, столовий, картопля).

У перспективі альтернативу шестирядній техніці повинна скласти 8, 9, 12-рядна.

Розділ 6.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

Технологія у буряківництві зокрема, як і у рослинництві взагалі, є система агротехнічних прийомів та матеріально-технічних засобів, спрямованих на виробництво конкурентоспроможної продукції і відновлення родючості ґрунтів. Характер технології, як способу виробництва, в цілому визначається досягненнями науково-технічного прогресу і рівнем розвитку продуктивних сил, економічними, соціальними та демографічними особливостями країни, регіону, конкретного господарства.

Сучасні агротехнології виробництва буряків цукрових, як і інших просапних культур, орієнтовані на комплексну механізацію технологічних процесів, адже відомо, що для вирощування буряків цукрових необхідно здійснювати комплекс взаємоузгоджених агротехнічних заходів, що гарантує високу врожайність та цукристість коренеплодів та сприяє отриманню екологічно чистої, конкурентоспроможної продукції.

6.1. Особливості українських адаптованих технологій буряківництва

Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків (ІБКіЦБ) НААН разом з іншими науково-дослідними установами та машинобудівельними підприємствами на підставі тривалих багаторічних досліджень, узагальнення історичного досвіду вирощування БЦ в Україні і світі за показниками ресурсного забезпечення галузі, виконання технологічних процесів із застосуванням вітчизняних та зарубіжних технічних засобів виробництва і ручної праці у тому числі, на протязі десятків років змодельовано й апробовано кілька варіантів технологій виробництва БЦ, яким присвоєно умовні назви [24,59, 111,137,120,127,105,122]:

1. Екстенсивна.;
2. Інтенсивна (колишня українська індустріальна);
3. Високоєфективна (українська інтегрована (проміжна));
4. Біоадаптивна (зарубіжна індустріальна)

Для **екстенсивних технологій** характерним є:

- 1) максимальне обмеження енергетичних, матеріальних і ресурсних вкладень;
- 2) виключення агрохімічних речовин;
- 3) широке застосування ручної праці та кінної тяги, екстенсивних сортів низьких репродукцій, а часто й знеособленого насіння;
- 4) недостатнє внесення органічних добрив.

Такі технології (хоч вони є найменш затратними) не маючи перспектив, поступо відходять у минуле і на протязі останніх років майже не застосовуються, головним чином через недостатність людських рук у сільській місцевості.

Характерні ознаки **індустріальних інтенсивних** технологій:

- 1) концентрація енергетичних, матеріальних і фінансових вкладень на одиницю площі посівів;
- 2) використання ефективних засобів виробництва - нових сортів, гібридів, агрохімічних речовин;
- 3) застосування передових методів організації праці;
- 4) впровадження досконалих технологічних процесів і машин та механізмів, розроблених на базі новітніх досягнень науки і техніки.

Проміжні або інтегровані, технології, поєднують використання як новітніх засобів виробництва, технологічних процесів і машин та методів захисту культури від шкідників і хвороб, регулювання родючості ґрунту, так і біологічних методів, придатних для екстенсивних технологій, включаючи ручну працю.

Українська індустріальна передбачає розміщення цукрових буряків у ланках з багаторічними травами, зайнятими та чистими парами; напівпаровий або поліпшений спосіб основного обробітку ґрунту; внесення 40-50 т/га гною

N90P120K160 восени + N70 в підживлення прикореневим способом; використання інкрустованого чи дражованого насіння гібридів цукрових буряків української або спільної з КВС селекції з показниками лабораторної схожості понад 90%, енергії проростання - 80% і більше, одноростковості й вирівняності - не менше 95%; сівбу при фізичній стиглості ґрунту нормою 1,3 посівних одиниць (п.о.) на 1 га; посходову систему захисту з використанням вискоєфективних посходових гербіцидних композицій (бетанал прогрес ОФ, пірамін турбо, голтікс, карібу, лонтрел, пантера, центуріон та ін.); розпушування ґрунту в міжряддях після сильних дощів та при підживленні;

внесення фунгіцидів для боротьби з хворобами листя (борошніста роса, церкоспороз), механізоване збирання врожаю.

Зарубіжна індустріальна

Те ж саме, але використовують дражоване насіння гібридів цукрових буряків іноземної селекції, підживлення азотними добривами здійснюють урозкид без загорання в ґрунт, ґрунт у міжряддях не розпушується, використовують комплекс машин іноземного виробництва.

Українська інтегрована (проміжна) передбачає розміщення цукрових буряків у ланках з багаторічними травами, зайнятими чистими парами, горохом, кукурудзою; напівпаровий або поліпшений спосіб основного обробітку ґрунту, внесення 30 т/га гною + P60K80 восени + N80 в підживлення прикореневим способом, сівбу при прогріванні ґрунту на глибині 10 см до 6-7°C нормою висіву 3 п.о. на 1 га, використання протруєного насіння вітчизняних сортів та гібридів з лабораторною схожістю не нижче 80%, одноростковістю й вирівняністю 85%, комбіновану систему захисту від бур'янів (до сходів — ґрунтові гербіциди, по сходах — вибірково лонтрел, пантера, центуріон, бетанал), систему до — і післясходових боронувань, триразове різноглибинне розпушування ґрунту в міжряддях з одночасним присипанням бур'янів у захисній зоні рядків, застосування ручної праці на коригуванні густоти рослин та прополюванні бур'янів, використання фунгіцидів для боротьби з хворобами, механізоване збирання врожаю.

Аналізуючи результати апробації технологій, сортів та гібридів цукрових буряків на дослідно – селекційних станціях ІБКіЦБ можна стверджувати, що індустріальні технології дають змогу повніше розкрити потенціал сучасних сортів і гібридів цукрових буряків, який знаходиться в таких межах: урожайність – 500 - 650 ц/га; збір цукру – 80 - 110 ц/га. Максимальні показники продуктивності (врожайність - 512-519 ц/га, збір цукру - 79-81 ц/га при цукристості коренеплодів 15,2 - 15,4%) одержано при вирощуванні цукрових буряків саме за індустріальними технологіями.

Українська інтегрована технологія за показниками врожайності не поступається індустріальним, які потребують виробничих витрат на рівні 3,9-4,1 тис. грн./га, що пов'язано з високим ресурсним забезпеченням (добрива, насіння, засоби захисту рослин). Економічнішою є українська інтегрована технологія, в якій програми удобрення та захисту рослин менш насичені, частково застосовується дешева ручна праця на догляді.

Економія виробничих витрат в українській інтегрованій технології досягнута за рахунок економії ресурсів і насичення дешевою ручною працею,

затрати якої становлять 132 люд.-год./га, або в чотири рази більші, ніж в індустріальних технологіях, тому собівартість продукції виявилася нижчою й становила відповідно 28,9 грн./т цукросировини. Саме це зумовило високий рівень рентабельності виробництва - 487%. Проте, у зв'язку з істотним зниженням урожайності й недобором продукції, прибуток зменшився на 0,4 тис. грн./га, або на 8% порівняно з українською індустріальною технологією. Тобто індустріальні технології поряд із високою врожайністю забезпечують одержання максимального прибутку (4,6 - 4,9 тис. грн./га) при рівні рентабельності виробництва 112 - 126%.

6.2 Економічна ефективність сучасних механізованих технологій вирощування та збирання буряків цукрових

Відомо, що розширене виробництво бурякоцукрової галузі можливе лише за рівня рентабельності не нижчого як 20—30%. Щоб забезпечити таку рентабельність, слід отримувати коренеплідів понад 35 т/га. З іншого боку, підвищення врожайності тісно пов'язане з додатковими витратами на впровадження нових технологічних прийомів та придбання більш досконалих технічних засобів і високоякісних технологічних матеріалів.

Виходячи із вищесказаного, запропоновані наступні підходи до вирішення проблеми оптимізації технологій [127]:

- забезпечення достатнього рівня урожайності, застосовуючи в межах існуючих технологій технологічні прийоми та технічні засоби, які не потребують значних витрат коштів, коли основним критерієм оптимізації є мінімум додаткових капіталовкладень;
- зменшення собівартості продукції, підвищуючи рівень виконання технологічних операцій, впроваджуючи більш ефективні технологічні прийоми та технічні засоби. Такий шлях не можна реалізувати за допомогою застарілої та фізично зношеної техніки, він потребує додаткових разових витрат на придбання нової техніки. Тобто повинен бути вибраний такий мінімум, який гарантував би підвищення врожайності та швидку окупність додаткових витрат. Критерієм оптимізації при цьому є забезпечення мінімуму собівартості продукції при одночасному підвищенні врожайності;
- забезпечення максимально можливої урожайності, використовуючи всі основні чинники і зводячи до мінімуму можливі втрати біо-кліматичного потенціалу культури. З впровадженням таких технологій передбачено застосовувати на всіх ключових операціях нові сіль-

ськогосподарські машини, що відповідають світовому рівню виробництва. Критерієм вибору такої технології є максимальна урожайність.

Запропоновані підходи до вирішення важливої проблеми оптимізації технологій виробництва цукрових буряків відображають реальну картину в сільському господарстві, де спостерігається значне розшарування підприємств за рівнем рентабельності, відповідно, і за рівнем забезпеченості матеріально-технічними ресурсами.

Розглянувши за такими критеріями оптимізації весь спектр технологічних операцій із урахуванням раніше отриманих результатів до сліджень впливу окремих факторів на величину прямих експлуатаційних витрат і витрат на впровадження, варто виділити три найтипівіші варіанти технологій вирощування та збирання цукрових буряків — на базі серійних, нових вітчизняних й зарубіжних машин (табл. 6.1).

I. Технологія на базі серійних машин потребує мінімуму капіталовкладень і базується на застосуванні традиційних технологічних прийомів та технічних засобів, зниження норм висіву насіння до 10—12 шт. на 1 м рядка дає змогу зменшити витрати на формування густоти насаджень, стає можливим виключити з технологічної карти операцію досходових боронувань. Бур'яни знищують, застосовуючи міжрядні обробітки та ручне прополювання. Збирають цукрові буряки за цією технологією вітчизняними машинами роздільним способом (зрізування гички, викопування коренеплодів з їх навантаженням).

II. Технологія на базі нових вітчизняних машин забезпечує найменшу собівартість. Така технологія прийнятна для підприємств середнього достатку (з рівнем рентабельності 10—15%). Вона базується на застосуванні для ранньовесняного та передпосівного обробітків ґрунту агрегатів АРВ-8,1-01 і АРВ-8,1-02, використанні для сівби пневматичних сівалок точного висіву, дражованого насіння, комбінованого способу боротьби з бур'янами (внесення гербіцидів, міжрядні обробітки, ручне прополювання). Збирають цукрові буряки вітчизняними машинами для валкової технології (зрізування гички, викопування коренеплодів з їх валкуванням, підбирання валків), які дешевші порівняно з іншими бурякозбиральними машинами.

Таблиця 6.1.

Моделі гнучких технологій вирощування та збирання буряків цукрових

Основні технологічні операції	Варіанти технологій та технічні засоби для їх виконання								
	Технологія на базі серійних машин		Технологія на базі нових вітчизняних машин		Технологія на базі зарубіжних машин				
	Склад агрегатів								
Лущення стерні	T-150K+БДТ-7		T-150K+БДВ-6		T-150K+БДВ-6				
Внесення мінеральних добрив	MT3-80+ПФ-0,75; MT3-80+АИР-20; T-150K+PUM-8		MT3-80+ПФ-0,75; MT3-80+АИР-20; T-150K+PUM-8		MT3-80+ПФ-0,75; MT3-80+АИР-20; T-150K+PUM-8				
Внесення органічних добрив	ДТ-75M+ПБ-35; T-150K+ПРТ-10-1		ДТ-75M+ПБ-35; T-150K+ПРТ-10-1		ДТ-75M+ПБ-35; T-150K+ПРТ-10-1				
Оранка, вирівнювання борозен та гребенів	T-150K+ПЛН-5-35; T-150K+ВПН-5.6		T-150K+ПРПВ-4-50; T-150K+ВПН-5.6		T-150K+B-019+B-465				
Культивація зябу	T-150+СП-11+ЗКПС-4+ +БЗСС-1.0		T-150K+КШП-8.1		T-150K+КШП-8.1				
Ранньовесняний обробіток ґрунту	T-150+СГ-21+БЗСС-1.0		T-150+АРВ-8.1-01		—				
Приготування та внесення гербіцидів	-		MT3-80+АПР «Темп»; T-150K+РЖТ-8; MT3-80+ОП-2000-2		MT3-80+АПР «Темп»; T-150K+РЖТ-8; MT3-80+S-320				
Передпосівний обробіток ґрунту	MT3-80+УСМК-5.4		T-150K+АРВ-8,1-02		T-150K+«Свропак 6000»				
Сівба	MT3-80+ССТ-12В		MT3-80+УПС-12		MT3-80+«Мультикорн»				
Формування густоти стояння рослин, знищення бур'янів	Вручну		Вручну		MT3-80+АПР «Темп»; T-150K+РЖТ-8; MT3-80+S-320 (3 рази, суцільно, післясходово)				
Міжрядні обробітки	MT3-80+УСМК-5.4В		MT3-80+КФ-5.4; MT3-80+УСМК-5.4В		—				
Збирання гички і коренеплодів цукрових буряків	MT3-80+МБП-6; PKM-6-01; MT3-80+2ПТС-4; КамА3-5410	MT3-80+БМ-6Б; MT3-80+ОГД-6А; MT3-80+А3К-6 01; MT3-80+А3К-6 03; MT3-80+2ПТС-4; КамА3-5410	MT3-80+БМ-6Б; MT3-80+ОГД-6А; MT3-80+R-6; MT3-80+L-6; MT3-80+2ПТС-4; КамА3-5410	MT3-80+БМ-6Б; MT3-80+ОГД-6А; MT3-80+А3К-6 01; MT3-80+А3К-6 03; MT3-80+2ПТС-4; КамА3-5410	MT3-80+МБП-6; PKM-6-01; MT3-80+2ПТС-4; КамА3-5410	MT3-80+БМ-6Б; MT3-80+ОГД-6А; MT3-80+R-6; MT3-80+L-6; MT3-80+2ПТС-4; КамА3-5410	SF-10; КамА3-5410	MT3-80+БМ-6Б; MT3-80+ОГД-6А; MT3-80+А3К-6 01; MT3-80+А3К-6 03; MT3-80+2ПТС-4; КамА3-5410	
Прямі експлуатаційні витрати*, всього: грн./га; грн./т	1303,2 35,2	1174,4 31,7	1377,1 37,2	1378,7 31,3	1507,5 34,3	1581,5 35,9	2304,0 36,6	2333,0 37,0	2101,3 33,4
у тому числі на збирання: грн./га; грн./т	455,9 12,3	327,1 8,8	529,9 14,3	327,1 7,4	455,9 10,4	529,9 12,0	529,9 8,4	558,8 8,9	327,1 5,2
* У цінах 2002 р.									

III. Технологія на базі зарубіжних машин забезпечує максимальну урожайність і стійкість проти негативних факторів. Така технологія базується на використанні гербіцидів, насіння високопродуктивних сортів, зарубіжної високоефективної техніки (оборотних плугів, комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту, пневматичних сівалок точного висіву, обприскувачів, бурякозбиральних машин), що гарантує високу якість виконання технологічних операцій, технологічну й технічну надійність. Впровадження такої технології потребує значних витрат на придбання нових машин, забезпечуючи значне підвищення урожайності коренеплодів (до 50—70 т/га).

Оцінювали ефективність варіантів технологій за рівнем прямих експлуатаційних витрат на одиницю площі та на одиницю продукції в різних рівнях урожайності й застосування різних типів технічних засобів.

Встановили, що всі без винятку технічні засоби придатні для застосування в будь-якому з вищевказаних технологічних варіантів. Практичне здійснення такого маневрування технічними засобами в різних варіантах технологій обмежується лише економічною доцільністю.

Наприклад, за застосування на збиранні цукрових буряків порівняно дешевого комплексу машин для валкової технології на базі машин АЗК-6-01 та АЗК-6-03 вітчизняного виробництва зменшуються експлуатаційні витрати на виконання цієї операції на 28—41% з розрахунку на одиницю площі порівняно з іншими бурякозбиральними комплексами, використовувати ж дорогий енергонасичений бункерний комбайн SF-10 доцільніше при збиранні цукрових буряків на високоврожайних площах, про що відмічалось вище.

Таким чином, результати порівняння досліджуваних моделей технологій засвідчили (табл. 6.2), що за впровадження технологій на базі нових вітчизняних і зарубіжних машин через додаткові витрати на придбання техніки й технологічних матеріалів прямі експлуатаційні витрати на одиницю площі зростали порівняно з традиційною технологією на базі серійних машин (1303,18 грн.) і становили 1378,69 і 2304,05 грн. відповідно. Проте завдяки підвищенню урожайності прямі експлуатаційні витрати з розрахунку на одиницю продукції знижувалися, передусім за рахунок значного зниження затрат праці на вирощування та збирання буряків цукрових.

Таблиця 6.2.

**Порівняльна ефективність технологій виробництва буряків
цукрових**

Показники	Технологія на базі машин		
	серійних	нових вітчизнян их	зарубіжних
Прямі експлуатаційні витрати, грн./га	1303,18	1378,69	2304,05
у тому числі:			
заробітна плата	279,30	162,33	36,65
реновація	254,10	210,00	413,95
капітальний та поточний ремонт й періодичне технічне обслуговування	199,15	165,30	293,68
пальне	102,88	106,96	103,76
технологічні матеріали	374,00	635,10	1335,26
транспортування коренеплодів на цукровий завод	93,75	99,00	120,75
Затрати праці, люд.- год/га	131,31	80,20	26,38
у тому числі:			
основний обробіток ґрунту	3,82	3,90	3,58
ранньовесняний обробіток ґрунту та сівба	1,84	1,63	3,17
догляд за посівами	114,40	60,15	4,68
збирання і транспортування	11,25	14,52	14,95
Урожайність коренеплодів, т/га	37	44	63
Прямі експлуатаційні витрати на 1 т, грн.	35,2	31,3	36,6
Затрати праці на 1 т, люд.-год	3,55	1,82	0,42

Одним із резервів підвищення показників економічної ефективності вітчизняних бурякозбиральних машин є відмова від використання гички як корму для тваринництва. В результаті досліджень встановлено, що, наприклад, за використання коренезбиральної машини РКМ-6-01 у комплексі

з простою та надійною гичкозрізувальною машиною МБП-6 для розкидання гички по полю завдяки підвищенню продуктивності комплексу машин та виключенню технологічних операцій із заготівлі й силосування гички можна забезпечити на збиранні цукрових буряків зниження витрат пального на 32%, затрат праці — на 43%, прямих експлуатаційних витрат—на 38%.

6.3 Висновки по розділу

Впровадження технологій на базі нових вітчизняних і зарубіжних машин через додаткові витрати на придбання техніки й технологічних матеріалів приводить до суттєвого зростання прямих експлуатаційних витрат на одиницю площі порівняно з традиційною технологією на базі серійних машин. Проте завдяки підвищенню урожайності прямі експлуатаційні витрати з розрахунку на одиницю продукції знижувалися, передусім за рахунок значного зниження затрат праці на вирощування та збирання буряків цукрових.

Розділ 7.

РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОРСЬКОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ З КОМБІНОВАНОЮ ШИРИНОЮ МІЖРЯДЬ

Перехід на малі норми висіву сортів і гібридів одностиглих буряків цукрових при вирощуванні їх з шириною міжрядь 45 см пов'язаний з ризиком отримання достатньої густини стояння з рівномірним розміщенням рослин. В основному це відбувається із-за значного варіювання польової схожості насіння в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень показує, що знизити зрідженість сходів при малих нормах висіву можливо застосувавши більш вузькі міжряддя. Гіпотетично вони володіють рядом очевидних переваг: а) подовження рядків на гектарі дозволить отримати необхідну кількість рослин при сівбі на кінцеву густоту стояння; б) раннє змикання листків буряків у міжряддях та рядках буде сприяти їх росту і зниженню розвитку бур'янів та їх пригніченню; в) створення можливості рівномірніше розмістити рослини на площі за рахунок компенсації пропусків у сусідніх рядках при більшій їх загальній кількості.

7.1. Аналіз результатів досліджень з впливу розмірів і конфігурації площі живлення рослин на продуктивність буряків цукрових

У буряківництві головною проблемою залишається підвищення продуктивності, поліпшення технологічних якостей врожаю, зниження витрат праці і коштів. Серед різноманіття факторів, одним з провідних є отримання науково обґрунтованої густоти стояння рослин, у тому числі шляхом оптимізації площі їх живлення з вибором раціональної схеми сівби, здатної забезпечити збільшення врожаю до 35–40 %, що доводив ще на початку минулого століття академік В. І. Едельштейн.

7.1.1. Форма і розміри площі живлення

У дореволюційний період та у 20–30-ті роки ХХ століття, коли норма висіву насіння вимірювалась кілограмами і перевищувала 30 кг на 1 гектар (для порівняння: у наш час – до 4,0 кг.), буряки сіяли, доглядали і збирали

вручну, рослини в рядку залишали на відстані 18–20 см і площа живлення становила близько 700 см² (35×2 см) при міжряддях 30–35 см. На підставі дослідів, проведених в різних ґрунтово-кліматичних зонах, було визнано, що оптимальною площею живлення є 900–1100 см², яка за формою наближається до квадрата. При такому розміщенні створюються найбільш сприятливі умови освітленості кожної рослини, що сприяє підвищенню інтенсивності фотосинтезу, а також забезпечується повніше засвоєння поживних речовин.

З літературних джерел останніх років, зокрема російських видань, також відомо, що найкращою для БЦ є форма площі живлення, близька до квадрата [77, 100].

У зв'язку з постійним вдосконаленням технології вирощування та збирання буряків цукрових, головний акцент у якій ставився на зменшенні або виключенні ручної праці при формуванні густоти рослин і догляду за ними, питання форми площі живлення і взаєморозміщення рослин необхідно розглядати нерозривно з проблемою механізації процесів догляду та збирання.

Проблемою подальшого застосування вузьких (30–35 см) міжрядь явилось обмежене застосування машин для догляду за посівами і збирання урожаю, що вимагало великих затрат ручної праці. Тому у повоєнні роки цукрові буряки на богарних землях почали сіяти в основному з міжряддями 45 см. При такій ширині міжрядь зросли можливості механізації робіт по догляду за посівами і збиранню буряків. Площа живлення придбала прямокутну форму, так як для забезпечення необхідної густоти стояння, рослини в рядку розміщувалися на відстані 17–18 см. Величина площі живлення залишалася майже на тому ж рівні, що і при ширині міжрядь 30–35 см, — 750–800 см², а густота стояння становила 130 тис/га і більше. Проведені в 40-і роки мережею ВНИС (Білоцерківська і Верхняцька дослідно-селекційні станції, дослідно-виробниче господарство «Черниші» та ін.) дослідження впливу площі живлення та густоти стояння на урожай і цукристість буряків показали, що така густота не має переваги перед густотою 90–100 тис/га. Саме тому у багатьох бурякосіючих господарствах країни з тих пір і донині рослини в рядку розміщують з інтервалом 18–20 см, що забезпечує площу живлення 900–1000 см².

Поряд з цим широко проводилось вивчення квадратно-гніздового розміщення рослин. Механізоване проріджування сходів (букетування) проводилось просапними культиваторами переважно за схемами: виріз 30 — букет 15 см; виріз 27 — букет 18 см. Букети мали квадратну форму 45×45 см.

Розрахункова кількість букетів становила 49 тис. на гектар. При залишенні в букеті двох рослин (площа живлення ≈ 1000 см²) густина стояння досягала рівня 90–95 тис.шт./га. Результати даних дослідно-селекційних станцій, а також виробничі досліди, проведені в колгоспах і радгоспах у 50–60-ті роки, показали, що при квадратно-гніздовому розміщенні рослин продуктивність БЦ не нижча, а в багатьох випадках вища, ніж при звичайному букетуванні, адже передбачає поодинокі розміщення рослин у рядках на відстані 18–20 см. Головним явилось те, що подальша, так звана, перехресна обробка сходів зменшила витрати ручної праці на догляд за посівами в півтора-два рази.

В той час поширилось вздовжрядне проріджування сходів як механічними, так і автоматичними проріджувачами з тим, щоби отримати поодинокі розміщення рослин в рядку на відстані 18–20 см (площа живлення 900–1000 см²). Однак у тих бурякосійних господарствах, де на посівах необхідним було проведення інтенсивної боротьби з бур'янами і підживлення рослин, продовжували застосовувати квадратно-гніздове розміщення рослин.

В останні десяти роки завдяки створенню високопродуктивних однонасінних сортів і гібридів БЦ та застосуванню пневмосівалок точного висіву на тлі підвищення культури землеробства з'явилась можливість зменшення норми висіву насіння при розосередженому розміщенні рослин в рядку і відсутності сходів — «двійників» за оптимальної площі живлення — 900–1000 см².

7.1.2. Ширина міжряддя

Питання ширини міжрядь для буряків цукрових у різних бурякосійних країнах світу вирішують залежно від ґрунтово - кліматичних умов, наявності відповідної техніки і сформованих традицій. В даний час у світовій практиці застосовуються посіви БЦ з шириною міжрядь від 35 до 90см і більше. У Німеччині, Голландії, Бельгії ширина міжрядь становить 40; 41; 45 і 51 см; у Франції — 38; 42 і 45 см; у Польщі, Румунії, Чехії — 45 см; в Англії — 50 і 53 см; в Італії — 40 і 50см [77,100].

У США, завдяки застосуванню комплексу досконалих машин ВІК фірми «Аміті Технолоджі», найбільше поширення отримали міжряддя 56 см (90 % від загального обсягу площ). хоча їх ширина при вирощуванні БЦ на поливних землях коливається в широких межах (45–90 см).

Розсадний спосіб вирощування БЦ з міжряддями 50–60 см прийнятий у Японії.

У нашій країні до революції БЦ вирощували з міжряддями 30–35 см. Дослідами, проведеними мережею дослідних полів існуючого в той час цукротресту (1925–1927 рр.) і ВНИС (1937–1940 рр.) в різних ґрунтово-кліматичних умовах основної зони бурякосіяння, була визнана можливість розширення міжрядь до 45 см. Урожай при цьому знижувався несуттєво в порівнянні з вузькими міжряддями, а вміст цукру в коренеплодах — на 0,4 %. Але можливість застосування механізмів при збиранні урожаю та при міжрядній обробці посівів з метою скорочення витрат ручної праці на проведення боротьби з бур'янами і створення сприятливих умов росту і розвитку буряків були головними причинами переходу до міжрядь шириною 45 см.

У шістдесятих роках у колишньому СРСР вивчали також можливість збільшення ширини міжрядь БЦ до 60 і 70 см з метою уніфікації тракторів і сільськогосподарських машин, що застосовуються при вирощуванні просапних культур в зоні достатнього зволоження. У Прибалтиці та Білорусії в період з 1948 по 1966 р. досліджували продуктивність БЦ при міжряддях 45 і 60 см. Узагальнені результати польових дослідів з шести дослідних установ в цій зоні наведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1.

Ефективність обробітку буряка цукрового з різною шириною міжрядь у зоні достатнього зволоження

Ширина міжрядь, см	Врожай, ц/га	Вміст цукру, %	Збір цукру, ц/га
45	294	17,5	51,6
60	290	17,2	50,0

У цих дослідях на тлі механізації догляду та збирання буряків і міжряддях 45 і 60 см не було суттєвих відмінностей в затратах ручної праці і урожайності, а цукристість буряків при міжряддях 45 см була вищою в середньому на 0,3 % і збір цукру на 1,6 ц/га більше, ніж при міжряддях 60 см.

Таким чином, проведені досліді показали, що на незрошуваних землях міжряддя 45 см переважають 60-ти сантиметрові. Тому на даний час в Україні цукровий буряк повсюди висівають з міжряддями 45 см, за винятком районів зрошуваного землеробства (південь країни), де до недавня застосовували борозенний полив і міжряддя 60 см.

Однаке, з підвищенням культури землеробства і внесенням великих доз органічних і мінеральних добрив у другій половині 60-х років важливе значення набуває подальша розробка заходів, спрямованих на підвищення врожайів БЦ і вмісту цукру в коренеплодах, за рахунок більш інтенсивного використання родючості ґрунтів та можливостей технічних засобів.

З цією метою мережею дослідних станцій ВНІС проведені дослідження по вивченню можливості зменшення ширини міжрядь до 30 і навіть до 22,5 см (пошукові дослідження автора [46]) із збільшенням відстані між рослинами в рядку. Це дозволяє наблизити форму площі живлення до квадрата, яка є для ЦБ оптимальною, адже, як показано вище, таке розміщення рослин створює сприятливіші умови росту і розвитку рослин та накопиченню цукру в коренеплодах. Результати польових дослідів з вивчення ефективності вирощування буряків цукрових з шириною міжрядь 30 см (табл. 7.2.) показують, що звуження міжрядь є гарантією отримання підвищеної густоти стояння рослин з рівномірнішим розміщенням їх по площі поля і, як наслідок, збільшення збору цукру від 7,8 до 15,1 %.

Таблиця 7.2.

**Ефективність виробництва буряка цукрового за шириною міжрядь
30 і 45 см (1966–1969 рр.)**

Показник	Дослідно-виробниче господарство ВНІС «Черниш»		Білоцерківська дослідно-селекційна станція		Середнє за чотирма дослідними господарствами («Черниш», Білоцерківська, Верхняцька дослідно-селекційна станція, ВНІОС)	
	Ширина міжрядь, см					
	45	30	45	30	45	30
Густота насаджень, тис/га	94	112	86	102	87	107
Врожай, ц/га	381	426	372	403	339	378
Вміст цукру, %	17,2	17,7	18,9	18,8	18,3	18,7
Збирання цукру, ц/га	65,5	75,4	70,3	75,9	62,2	70,5
Прибавка цукру, ц/га	-	9,9	-	5,5	-	8,3
Відсоток, %	-	15,1	-	7,8	-	13,3

Підвищення продуктивності та поліпшення технологічних якостей сировини буряків цукрових залежно від ширини міжрядь і рівномірності розміщення рослин на площі пояснюється зміною морфології листа і внутрішньої структури коренеплоду, що позначається на поліпшенні фотосинтезу рослин. За квадратної форми площі живлення рослин буряків або такої, що наближається до нього, вочевидь зменшується взаємне затінення листків, а відтак, рослиною краще засвоюється сонячна енергія, вода і поживні речовини.

Важливим є висновок, що при міжрядях 30 см гичка змикається раніше, ніж при 45 см, в результаті чого відбувається біологічне пригнічення бур'янів і забезпечується збереження вологи в ґрунті, адже це дозволяє скоротити кількість міжрядних обробітків до одного чи зовсім їх не проводити без збитків для урожаю буряків.

Виробничими дослідями, проведеними на полях бурякосійних господарств різних зонах зволоження також доведена агротехнічна ефективність вирощування БЦ з шириною міжрядь 30 см. Результати виробничих дослідів (табл. 7.3), проведених у 1974—1975 рр. в колгоспах ім. Чапаєва Семеновського району Полтавської області (зона недостатнього зволоження), ім. Пархоменко Жашковського району Черкаської області (зона нестійкого зволоження) та ім. Шевченко Дубновського району Рівненської області (зона достатнього зволоження), також підтвердили дані, отримані на дослідних станціях.

Таблиця 7.3.

Ефективність виробництва буряка цукрового за шириною міжрядь 30 см у виробничих дослідях (1974–1975 рр.), за заліковою масою

	Ширина міжрядь, см							
	45	30	45	30	45	30	45	30
	Густота насаджень, тис/га		Врожай ай, ц/га		Вміст ц укру, %		Збирання цукру, ц/га	
Ім. Чапаєва	92	112	243	303	17,3	17,75	41,8	53,4
Ім. Пархоменко	101	120	284	334	19,1	19,3	54,3	64,5
Ім. Шевченко	91	109	336	418	16,4	16,8	54,4	69,1
Середнє за трьома колгоспами	94	113	288	352	17,62	17,93	50,1	62,3

7.2. Модернізація коренезбиральної машини КС-6Б для викопування коренеплодів вирощених з міжряддями 30 см

Для збирання коренеплодів БЦ на площі 50га, що були посіяні і вирощені з міжряддями 30 см у виробничих умовах на Білоцерківській ДСС (відділення Сорочотяги, 2001 р.), розроблена багаторядна лабораторно-польова установка (рис. 7.1) на базі коренезбиральної машини КС-6Б [41, 46].

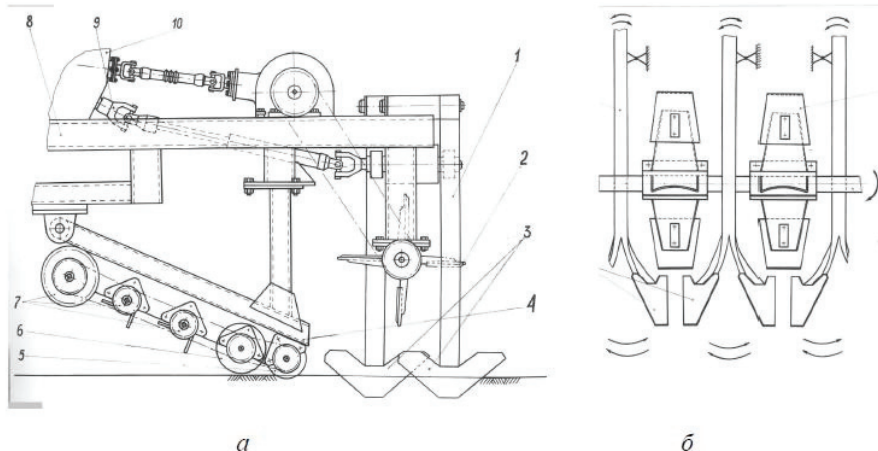


Рис. 7.1. Конструкція викопуючого пристрою для збирання коренеплодів з 30-ти сантиметровими міжряддями : *а* — вигляд справа; *б* — вигляд спереду: 1 — стійка лемішків; 2 — бітерний пристрій; 3 — лемішки; 4 — рама підборщика; 5 — забірний прутковий барабан; 6 — прутковий барабан; 7 — бітери-транспортери; 8 — рухома рама машини КС-6Б; 9 — карданна передача приводу копачів; 10 — поперечний редуктор КС-6Б приводу бітерів

Коротка технічна характеристика установки:

- | | |
|---|----------|
| 1. Ширина основних міжрядь, см | — 30; |
| 2. Кількість рядків у робочому захваті машини, шт | — 8; |
| 3. Робоча швидкість, м/с | 0,8 – 2; |
| 4. Тип копачів – лемішкові вібраційні; | |
| 5. Частота коливань лемішків, Гц | 5 – 30; |
| 6. Амплітуда коливань лемішків, мм | — 12; |
| 7. Глибина ходу копачів у ґрунті, см | 8 – 10. |

На рамі коренезбиральника машини КС-6Б замість демонтованих 6 пар дискових копачів, бітерного пристрою і передньої пари очисних шнеків

установлені 8 пар лемішкових копачів і очисний пристрій 9. Решта вузлів машини залишені без змін (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Установка для дослідження процесу викопування коренеплодів за шириною міжрядь 30 см на базі коренезбиральної машини КС-6Б

Особливістю даної споруди явилось те, що з метою уникнення скупчень ґрунтових і рослинних залишків і заторів копачів, лемішки 3, які підкопують коренеплоди в суміжних рядках, здвоєні на одній стійці 1, розташованій по середині міжряддя. Сійки лемішків розташовані у два ряди в шахматному порядку і приводяться в поперечні коливання від редуктора 10 через карданні передачі 9. Окрім того, для очищення стійок і лемішків від технологічної маси і активізації подачі вороху коренеплодів від копачів до сепаруючих робочих органів застосований бітерний пристрій 2, який приводиться в обертання за напрямом руху машини.

Сепараторо-транспортуючий пристрій змонтований на спеціально виготовленій двохсекційній рухомій рамі 4, яка задньою частиною шарнірно

прикріплена до рами коренезбиральної машини 8, а передньою спирається на ґрунт забірним прутковим барабаном 5. Для виключення втрат при підбиранні шойно викопаних коренеплодів діаметр забірного барабана повинен бути мінімальним, і тому в даній конструкції він дорівнює 120 мм. Кожна сепаруюча секція складається із 3-х чотирьохлопастних, покритих твердою гумою, бітерів 7 і 2-х пруткових барабанів 5, 6.

Висновок. *На сучасному етапі розвитку технічних засобів існує можливість механізації технологічних процесів сівби та догляду за посівами ЦБ з шириною міжрядь 30 см. Проте у складних ґрунтово-кліматичних умовах якісне збирання гички і особливо коренеплодів, навіть обладнаними оригінальними робочими органами машинами, є проблематичним. У зв'язку з цим доцільно розробляти нові робочі органи та способи вирощування ЦБ і схеми сівби такі, що передбачають поєднання /комбінування/ основних (30 см) і технологічних (45 см) міжрядь.*

7.3. Оптимізація схеми сівби шляхом поєднання модульних блоків міжрядь різної (3×30см + 1×45см) ширини

В даній час у світовій практиці застосовуються посіви буряків цукрових з шириною міжрядь від 35 до 90 см і більше, що залежить від природнокліматичних умов і різних виробничих факторів, а головним чином — від застосовуваного комплексу машин.

В Україні, як відомо, відповідно до уніфікації комплексу машин для буряківництва у країнах Ради економічної взаємодопомоги (РЕВ), ширина міжрядь складає 45 см. Поряд з цим, теоретично і польовими агротехнічними дослідженнями вчених – фізіологів ВНИС (Г. І. Гнатюк, К. А. Маковецький, В. О. Бюрисюк, В. В. Захарова та ін.) та недавніми показовими дослідженнями А. Ф. Нікітіна, А. В. Куриндіна, П. Н. Ренгача та ін. (Всеросійський НДІ цукрових буряків і цукру) було доведено [77,100], що раціональною конфігурацією площі живлення буряка є її наближення до квадрата 30х30см. (в ідеалі – коло), що відповідає біологічно обґрунтованій площі живлення рослини (≈ 900 см²) і тому міжряддя посівів БЦ, що до 30-х років минулого століття вирощувались та збирались вручну, мали ширину 30 і 36 см., Такі міжряддя виконували роль як основних, так і технологічних. У середині ХХ-го століття в зв'язку з впровадженням механізації у виробництво БЦ з очевидних причин з'явилися технологічні міжряддя шириною 45 см, які стали також і основними. Наслідком такого «розширення» міжрядь з 30 до 45 см

явилось «загущення» рослин вздовж рядків з тим, щоби загалом отримати оптимальну густину стояння їх ((110тис. шт./га, або 5 шт. на 1м довжини рядка) на площі поля, що є основою отримання стабільно високої врожайності буряків цукрових. Це, в свою чергу, призвело до відхилення від квадратної форми площі живлення рослини і видовження її перпендикулярно по відношенню до осі рядка і, як наслідок, до зниження урожайності культури.

Як у минулому, так і у теперішній час зворотній перехід до міжрядь шириною всуціль 30 см унеможливорюється в зв'язку з не технологічністю проведення основних операцій по догляду за посівами і збирання урожаю та проблемою проходження у міжряддях рушійв енергетичних засобів і робочих органів просапних та збиральних агрегатів. Але альтернативою є технологія з комбінованими міжряддями і розробка способу виробництва цукрових буряків за такої схеми сівби, що раціонально поєднує /комбінує/ основні (30 см) і технологічні (45 см) міжряддя з урахуванням оптимальної площі живлення кожної рослини та комплексу машин для висіву насіння, догляду за рослинами, збирання гички і коренеплодів при комбінованій ширині міжрядь.

За існуючою технологією виробництва цукрових буряків з шириною міжрядь 45 см, що передбачає перехід на малі норми висіву насіння однонасінних сортів і гібридів, отримання достатньої густоти стояння з рівномірним розміщенням рослин є проблематичним і практично визначається рівнем польової схожості, яка залежно від сформованих ґрунтово-кліматичних умов варіює у великих межах, що позначається, насамперед, на рівномірності розміщення рослин по площі поля, яка є найважливішим чинником для отримання високої продуктивності буряків.

На підставі теоретично й експериментально встановлених передумов, що раціональною формою площі живлення кожної рослини є наближення її до квадрата (як зазначено вище), і гіпотетичних можливостей здійснення технологічних процесів догляду за посівами і збирання буряків технічними засобами розроблена методика досліджень з вибору раціональної схеми розміщення рослин на площі при комбінованій ширині міжрядь [16].

7.3.1. Методика досліджень з вибору раціональної схеми розміщення рослин при комбінованій ширині міжрядь

По суті при міжряддях 45 см форма площі живлення рослини у вигляді квадрата забезпечується при співвідношенні сторін рівному 1,0 ($K = = 45$

см/45 см = 1,0, де: M – міжряддя, l_D — сторона квадрата вздовж рядка, K — співвідношення сторін).

Наближення площі живлення до квадрата, тобто розміщення рослин в рядках з інтервалами 45 см ($K = 1$) значно знижує густоту стояння (до 49,4 тис/га), що негативно впливає на продуктивність бур'яків.

При необхідній густоті стояння рослин бур'яків цукрових до збирання близькій до 110 тис/га, або 5 шт. на метрі рядка з розміщенням, наприклад, на інтервалах $l_D = 20$ см (для 45 см міжрядь число лінійних метрів на гектарі дорівнює 22222), норма висіву при 50 % польовій схожості повинна складати 10–12 шт. Це означає, що в такому випадку конфігурація площі живлення набуває вигляду прямокутника, видовженого в сторону міжрядь з співвідношенням сторін $K = 20\text{см}/45\text{ см} = 0,44$, що свідчить про значне її відхилення від раціональної площі живлення – квадрата.

При відомому у практиці бур'якосіяння способі вирощування БЦ з міжряддями 30–35см нижча вірогідність зрідження сходів і за малих норм висіву можливе раціональніше розміщення рослин на полі із забезпеченням оптимальної площі їх живлення. В такому випадку для отримання заданої густоти стояння 110 тис/га при міжряддях 30 см і раціональній площі живлення рослин, наближеної до квадрата ($K = 30\text{ см}/30\text{ см} = 1,0$) з розміщенням на інтервалах у рядках 30см, норму висіву насіння при їх 50 % польовій схожості можна суттєво знизити до 7–8 шт на 1 метр рядка.

Таким чином, звуження міжрядь володіє істотними перевагами:

- *більша довжина рядків на одиниці площі дозволяє отримати необхідне число рослин при сівбі на кінцеву густоту з рівномірнішим їх розміщенням за рахунок компенсації пропусків у суміжних рядках;*
- *більш раннє змикання листків рослин у міжряддях сприяє зниженню розвитку бур'янів та їх пригніченню і покращенню умов живлення бур'яків, зокрема забезпеченню вологою;*
- *збільшення виходу ділових коренеплідів з гектара, придатних до механізованого садіння при висадковому насінництві БЦ.*

Однак при сучасному рівні розвитку технічних засобів і стані комплексної механізації технологічних процесів виробництва бур'яків цукрових при всуціль звужених основних міжряддях (30 см) складно вирішується проблема механізованого догляду за рослинами і, особливо, збирання урожаю.

Сутність розробленої альтернативної технології виробництва бур'яків цукрових [16, 56] полягає у чергуванні основних і технологічних міжрядь у робочому захваті посівного агрегата за схемою:

$$B = (nm + M)i, \quad (7.1)$$

де B — ширина робочого захвату посівного агрегата, м; n — кількість основних міжрядь у модульному блоці; m — ширина основних міжрядь = 0,3 м; M — ширина технологічних міжрядь = 0,45 м; i — кількість блоків $(nm + M)$, поєднаних у робочому захваті сівалки.

Сівба буряків на задану густину стояння рослин виконується у відповідності до встановленої схеми, при якій площа живлення кожної рослини приймається рівною прямокутнику із співвідношенням сторін $K = 0,9 - 1,2$, що визначається за формулою:

$$K = \frac{l_p}{m} = \frac{100000c + 1}{cm + M}, \quad (7.2)$$

де: K — співвідношення сторін прямокутника; l_D — сторона прямокутника, що рівняється сумі двох пів інтервалів відносно сусідніх рослин у рядку або інтервалу між рослинами, см (рис. 3);

c — густина стояння рослин, тис/га.

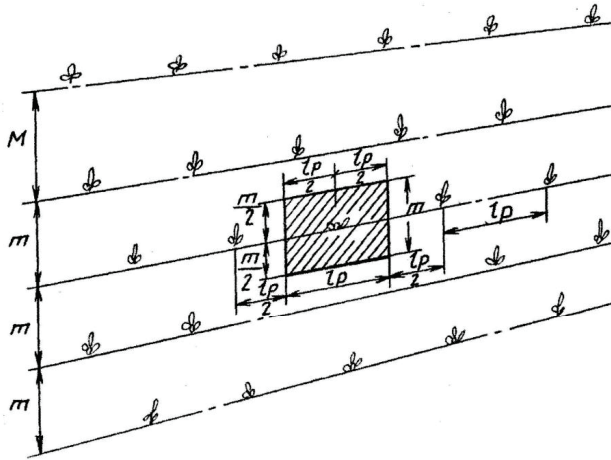


Рис. 3. До визначення площі живлення рослини

Наприклад, при $c = 100\,000$ шт/га, $n = 3$, $m = 0,3$ і $M = 0,45$ відповідно до формули (7.2) $K = 0,9$, тобто співвідношення сторін прямокутника площі живлення рослини близьке до квадрата (рис. 7.4).

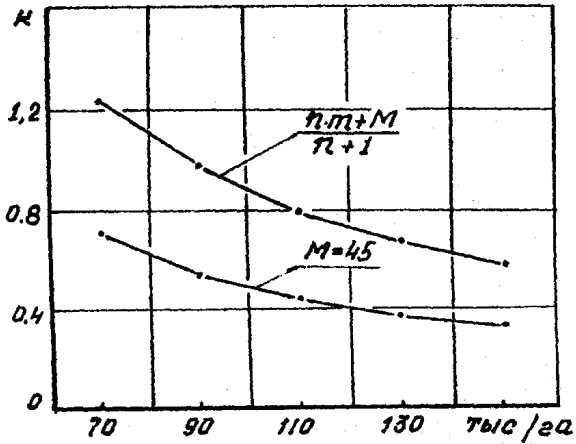


Рис. 7.4. Вплив ширини міжрядь і густоти стояння на співвідношення сторін «К» площі живлення рослин: $K = \frac{l_D}{?} = \frac{l_D(n+1)}{nm+M}$, де l_D — сторона прямокутника, яка

дорівнює сумі двох півінтервалів відносно рослини в рядку, m ; $m' = \frac{nm+M}{(n+1)}$

середня ширина міжрядь при комбінованому поєднанні основних $m = 0,3$ м з технологічними $M = 0,45$ м; $n = 3$ — число основних міжрядь у блоці

При такому розміщенні рослин, коли площа живлення кожної з них за формою наближається до квадрата, забезпечується підвищення продуктивності буряків цукрових при гарантованій густоті стояння 100–110 тис/га за рахунок збільшення на площі одного гектара числа лінійних метрів рядка в 1,33 рази або на 33–34% у порівнянні з 45-сантиметровими міжряддями.

Головною ж перевагою такого поєднання основних міжрядь m з необхідною кількістю технологічних міжрядь M , які в 1,5 рази ширші від основних, є забезпечення механізованого догляду за посівами і збирання урожаю.

7.3.2. Розрахунок вибору схеми розміщення рослин

За формулою (7.2), яка враховує конфігурацію площі живлення рослини, проведені розрахунки з вибору схеми розміщення рослин при комбінованій ширині міжрядь. Результати зведені у таблицю 7.4.

Таблиця 7.4

Вибір схеми комбінованого поєднання ширини міжрядь в залежності від співвідношення «К» сторін прямокутника площі живлення рослин (густота стояння 100 тис/га)

Параметри формули	Чисельник формули $(n + 1)^2$	Знаменник формули $10(nm + M)^2$	$K = \frac{(n+1)^2}{10(nm+M)}$	Число лінійних метрів на 1га.
$n = 3$ $m = 0,3$ м $M = 0,45$ м	16	18,225	0,9	29630
$n = 5$ $m = 0,3$ м $M = 0,45$ м	36	38,025	0,95	30770
$n = 5$ $m = 0,3$ м $M = 0,6$ м	36	44,1	0,82	28571
$n = 3$ $m = 0,3$ м $M = 0,6$ м	16	22,5	0,77	26667
$n = 3$ $m = 0,3$ м $M = 0,7$ м	16	25,6	0,63	25000
$n = 3$ $m = 0,3$ м $M = 0,8$ м	16	28,9	0,55	23530

Дані таблиці показують, що у варіантах I і II при поєднанні 3–5 основних міжрядь $m = 0,3$ м в комбінації з технологічним міжряддям $M = 0,45$ м на 7,4–8,5 тис. метрів в порівнянні з 45-сантиметровими міжряддями

збільшується довжина рядків на кожному гектарі при оптимальній густині стояння і площі живлення кожної рослини, близькій за формою до квадрата ($K = 0,9-0,95$), що в цілому забезпечує суттєве підвищення продуктивності цукрових буряків.

7.4. Розробка комплексу машин для реалізації альтернативної технології

Для проведення виробничої перевірки досліджуваної технології і можливостей її механізації у різних зонах бурякосіяння України ДКБ Інституту цукрових буряків та СКБ ВО «Тернопільський комбайновий завод» ще наприкінці 80-х років модернізували комплекс серійних машин для вирощування буряків цукрових (сівалку ССТ-12Б і культиватор УСМК-5,4Б) та збирання урожаю: коренезбиральну — КС-6Б-05; гичкозбиральну — БМ-6А і очищувач головок коренеплодів ОГД-6 [38]. Сівалку і культиватор переобладнали у 16-ти рядні, а збиральні машини — у 8-ми рядні (рис. 5).



Рис. 5. Експериментальний комплекс восьмирядних збиральних машин: самохідна коренезбиральна; причіпна гичкозбиральна; причіпний до очищувач головок коренеплодів

7.4.1. Сівалка ССТ-16Б

Сівбу насіння ЦБ проводили спеціально переобладнаною на базі серійної вітчизняної сівалки ССТ-12Б по заданій схемі (рис. 7.6) 16-тирядною сівалкою в агрегаті з трактором Т-70С при швидкості руху 3,5–5,0 км/год.

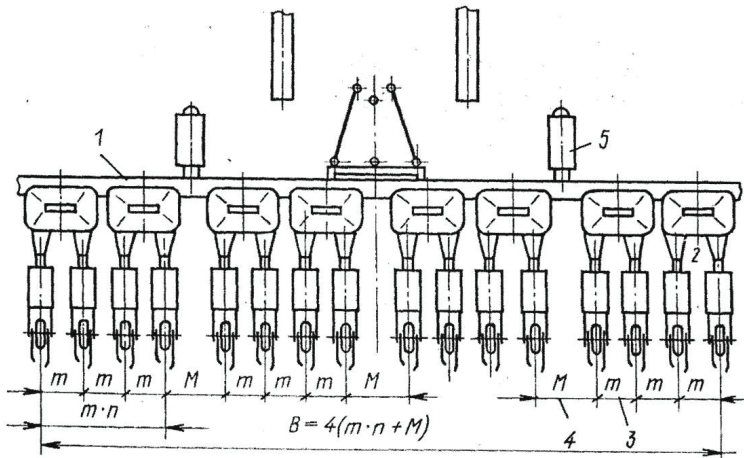


Рис. 7.6. Схема розміщення посівних секцій на рамі сівалки:

1 – основна рама сівалки; 2 – посівна секція; 3 – основне міжряддя ($m = 30$ см); 4 – технологічне міжряддя ($M = 45$ см); 5 – опоро привідне колесо.

По ширині робочого захвату сівалки (5,4 м) висівали шістнадцять рядків при поєднанні трьох міжрядь по 30 см з одним міжряддям 45 см. Для цього на рамі сівалки переставили опорно-привідні колеса на колію 2,7 м і посівні секції розмістили за відповідною схемою (рис.7.6), скоротивши довжину привідних вальців (рис. 7.7).

Співвідношення міжрядь 30 і 45 см склало 3:1 при середній їх ширині 33,75 см. Довжина рядків становила 29630 м на одному гектарі, або на 7410 м більше, ніж при міжряддях 45 см.



Рис. 7.7. 16-тирядна сівалка ССТ-16Б в агрегаті з трактором Т-70С

7.4.2. Культиватор УСМ –5.4Б (В)

Рихлення міжрядь при догляді за посівами проводили переобладнаним 16-рядним культиватором УСМК-5,4Б в агрегаті з Т-70С. (рис. 7.8).

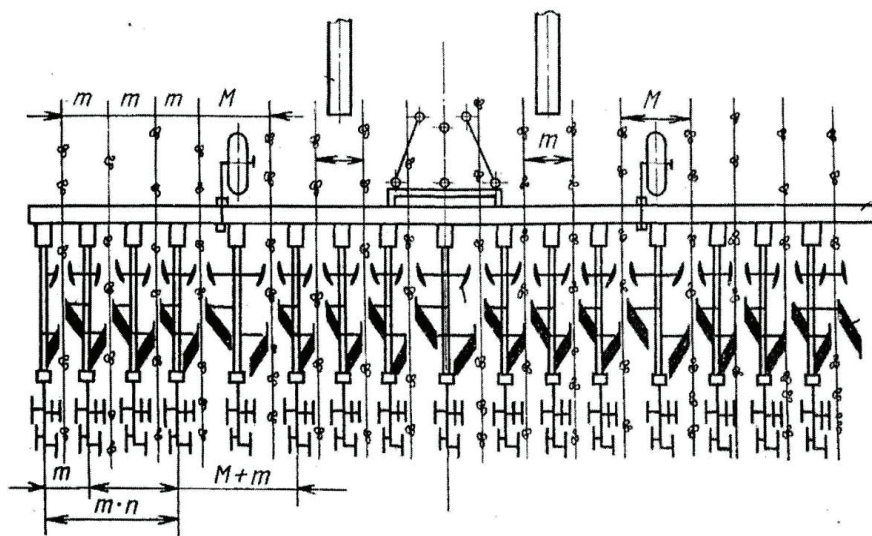


Рис. 7.8. Схема розміщення робочих органів на рамі культиватора для проведення рихлень міжрядь

На грядках культиватора кріпились спеціально виготовлені односторонні плоскорізальні лапи і захисні диски з метою запобігання присипання рослин у зоні рядків.

7.4.3. Гичкозбиральна машина БМ–6А (В)

З урахуванням звуження міжрядь кожна із двох секцій гичкозбиральної машини складається із чотирьох різальних апаратів для безкопірного зрізування гички, виконаних у вигляді трьох прямокутних шаблеподібних ножів, змонтованих під кутом 120° один до одного.

Агрегатується машина з трактором Т–70С при боковому зміщенні вліво відносно центральної осі машини на 675 мм (половина ширини колії трактора), що дозволяє лівій гусені трактора рухатись по зібраному полю, а правій — по технологічному міжряддю 45 см (рис. 7.9).

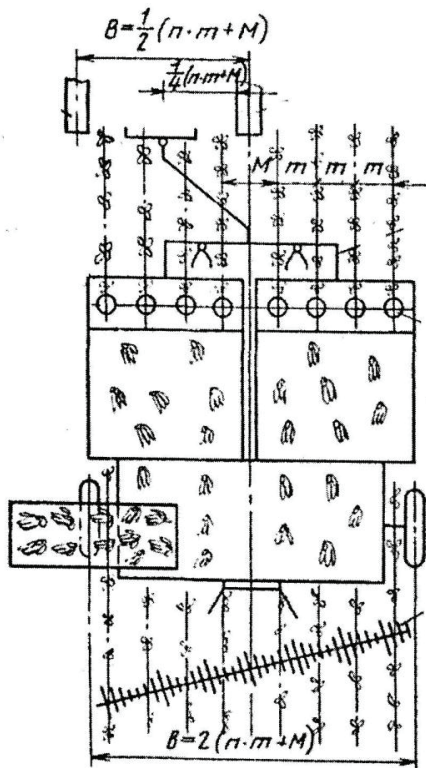


Рис. 7.9. Технологічна схема гичкозбирального агрегата

Висота ножів відносно поверхні поля регулювалась опорнокопіювальними колесами з таким розрахунком, щоб відходи маси голівок коренеплодів при зрізуванні не перевищували 0,5–1,0 % (норматив АТВ). Швидкість руху агрегата — до 5,3 км/год.

7.4.4. Очищувач головок коренеплодів ОГД–6 (В)

Очищувач головок коренеплодів двохвальний, переобладнаний із навісного ОГД–6 у причіпний 8-ми рядний з опорно-копіювальними колесами, що мимовільно спрямовуються вздовж міжрядь коренеплодів. Агрегується очищувач з трактором Т–70С при боковому зміщенні, аналогічному до гичкозбиральної машини (рис. 7.10).

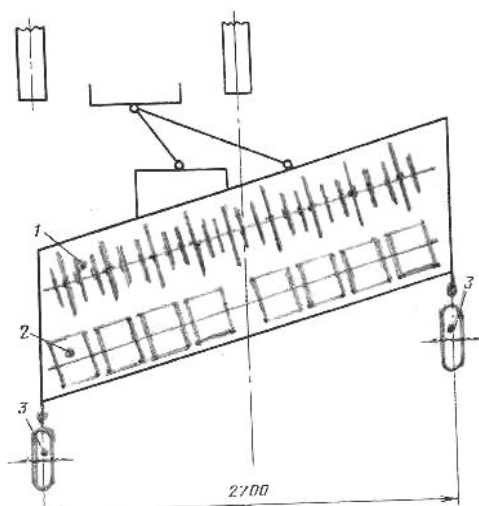


Рис. 7.10. Схема переобладнаного причіпного двохвального очищувача в агрегаті з трактором Т-70С: 1- передній вал з суцільним набором очисних елементів; 2 – задній вал з посекційним набором очисних елементів; 3 – опорно-копіювальні колеса

7.4.5. Коренезбиральна машина КС–6Б–05 (В)

Для переобладнання коренезбиральної машини КС–6Б–05 у восьмирядну виготовили балку переднього моста на ширину колії 2,7м (рис. 7.11).



Рис. 7.11. Переобладнана коренезбиральна машина КС–6Б–05 (В) в роботі

Викопувальні робочі органи машини виконані у вигляді сферичних дисків у поєднанні зі стрільчастими підкопувальними лапами (рис. 7.12) і розташовані на рамі за схемою, приведеною на рис. 7.13.



Рис. 7.12. Викопувально-очисні робочі органи типу «підкопувальна лапа — сферичний диск — турбіна /очищувач/»

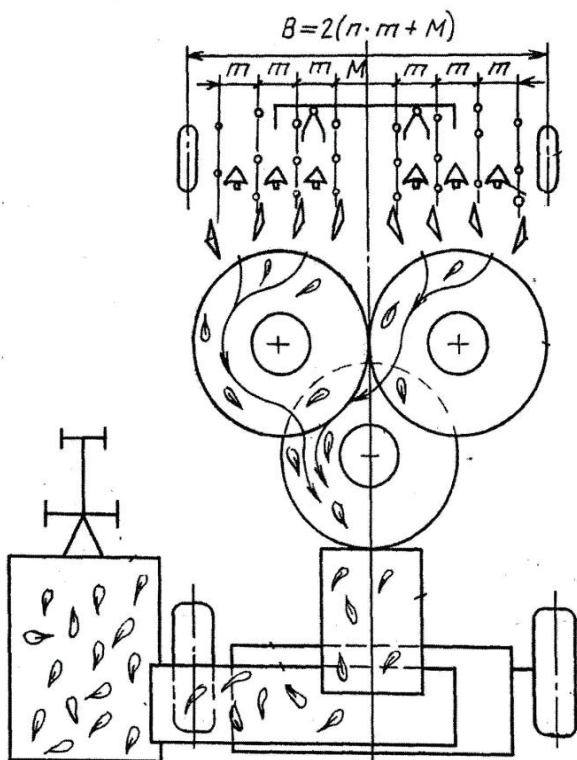


Рис. 7.13. Технологічна схема коренезбиральної машини

Від землі і рослинних решток щойно викопані коренеплоди очищаються за допомогою трьох пруткових турбін з вертикальною віссю обертання (рис. 7.12, 7.13). Для забезпечення поперечної стійкості ходу рама копачів фіксується боковими розтяжками.

Результати досліджень з визначення технологічних показників якості роботи експериментального комплексу машин наведені у наступному підрозділі.

7.5. Проведення дослідно-виробничих посівів з комбінованими міжряддями і їх оцінка за співвідношенням «К» сторін прямокутника площі живлення

Для експериментальної перевірки ефективності запропонованої альтернативної технології проводились демонстраційні виробничі досліди у господарствах різних зон бурякосіяння України: «Перемога» Дубнівського району Рівненської області (достатнє зволоження) — на площі 50 га; Білоцерківська ДСС Київської області (нестійке зволоження) — 45 га; ім. Іваненка Миргородського району Полтавської області (недостатнє зволоження) — 50 га.

Дослідження проводились з використанням машин, описаних у попередньому підрозділі 7.4 і насіння сорту Уладівський однонасінний 35 (фракція 3,5–4,5 мм, лабораторна схожість 86 %), обробленого фураданом.

Сівбу проводили за семою варіанта I (табл. 7.4), коли середня ширина міжряддя дорівнює:

$$m' = \frac{nm + M}{(n+1)} = \frac{3 \times 30 + 45}{3+1} = 33,73 \quad (7.3)$$

де: $n = 3$ — число основних міжрядь у модульному блоці;
 m — ширина основних міжрядь, 30 см; M — ширина технологічного міжряддя, 45 см.

За такої схеми розміщення рослин число погонних метрів рядка складає 29 630 на одному гектарі, що на 7 410 більше, ніж за звичайної технології з міжряддями 45 см.

Варіантами дослідів передбачалась сівба на кінцеву густоту стояння рослин при нормі висіву 8–10 і 10–12 насінин на один метр рядка, щоб отримати до збирання 100–130 тис. рослин на гектарі. На контролі (ширина міжрядь 45 см) норма висіву встановлювалася так, щоби до збирання густота стояння рослин була теж такою.

Перед збиранням визначали біологічну врожайність методом облікових майданчиків з розмірами по ширині 2,7 м і довжині 5,0 м, розташованих по діагоналі поля у 8-кратній повторності, а також закономірності зміни параметрів розміщення коренеплодів в рядках (відстань між коренеплодами, положення їх головок відносно поверхні ґрунту і відхилення від умовної осрової лінії рядків (рис. 7.14 – 7.16).

Оцінку різниці біологічної врожайності цукрових буряків залежно від густоти стояння рослин на полі при ширині міжрядь пропонуваній, наприклад, за схемою по формулі (7.3) в порівнянні зі звичайною шириною міжрядь ($M = 45\text{см}$) і по співвідношенню сторін площі живлення рослин з урахуванням її конфігурації за коефіцієнтом

$$K = \frac{S(n+1)}{nm + M} = 0,9 - 1,2 \quad (7.4)$$

проводили дисперсійним і різницеvim методами. Результати обробки показали, що прибавка врожайності буряків є істотною і складає 55,3 ц/га на користь комбінованих міжрядь. На істотність різниці в у запропонованій технології вирощування буряків цукрових з комбінованою шириною міжрядь позитивно впливає оптимальна площа живлення рослин з конфігурацією близькою до квадрата.

При оцінці середніх значень конфігурації площі живлення за коефіцієнтом «К» при комбінованій і звичайній ширині міжрядь значення критерія істотності «t» було більше трьох і становило $t = 4,6$ (табл. 7.5). Це свідчить про те, що площа живлення кожної рослини, близька за конфігурацією до квадрата, за запропованою технологією вирощування буряків цукрових при комбінованій ширині міжрядь, є істотною з рівнем ймовірності 0,99.

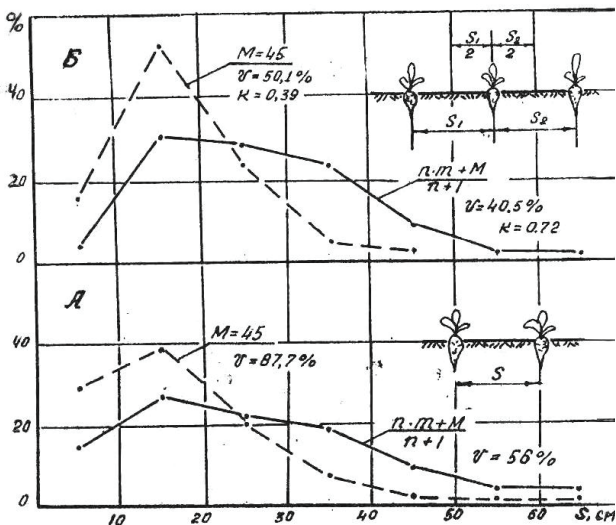


Рис. 7.14. Розподіл інтервалів «S» між осями коренеплодів (A) і суми двохсторонніх напівінтервалів $\frac{S_1}{2} + \frac{S_2}{2}$ відносно кожного коренеплода в рядку (B); «K» — співвідношення сторін прямокутника площі живлення рослин; V — значення коефіцієнтів варіації; M — звичайна (45см) ширина міжрядь; $\frac{nm + M}{(n + 1)}$ — комбінована ширина міжрядь

Таблиця 7.5

Оцінка конфігурації площі живлення буряка цукрового за коефіцієнтом «K»

Технології виробництва	Середнє значення коефіцієнта «K»	Різниця середніх, $K - K_2$ $d =$	Середнє квадратичне відхилення, σ	Помилки середніх вибірових, ϵ_1, ϵ_2	$t =$
З комбінованою шириною міжрядь	0,93	0,41	0,23	0,08	4,6
Зі звичайною шириною міжрядь	0,52		0,13	0,045	

Вивчення параметрів розміщення коренеплодів в рядках (рис. 7.14–7.16) показало, що відстань між рослинами в рядках значно впливає на форму площі живлення, розташування головок коренеплодів відносно поверхні ґрунту та їх відхилення від умовної осьової лінії рядка.

Слід зазначити, що при комбінованій ширині міжрядь за рахунок збільшення числа погонних метрів рядків на гектарі до 30% можливий допуск відстаней між коренеплодами $S = 30$ см, що дозволяє навіть у цьому випадку отримати на одному метрі більше трьох рослин і в цілому до збирання густоту стояння 100 тис/га.

Однак метод оцінки стану посівів за густотою стояння дуже приблизний. Так, при одній і тій же густоті врожайність коренеплодів між варіантами нерідко істотно відрізняється. Вона в значній мірі залежить як від

рівномірності розміщення рослин у рядках, так і їх розташування щодо центру площі живлення. Наприклад, при 45см ширині міжрядь густина стояння у варіантах досліду була практично рівною — 127,0 і 128,5 тис/га з площею живлення рослин в середньому 801 і 778,5 врожайність коренеплодів при цьому склала 455 і 502 ц/га . Різницю в урожайності між варіантами, без врахування побічних чинників, можна пояснити більшою нерівномірністю розміщення рослин у рядках в середньому на 10 % за коефіцієнтом варіації (з $V = 67,7\%$ до $56,1\%$ — по інтервалах між коренеплодами і з $V = 50,1\%$ до $40,5\%$ — по площі живлення) (рис. 7.14).

При однаковій густоті стояння сторона прямокутника площі живлення рослин уздовж рядка за комбінованої ширини міжрядь дорівнює в середньому $= 24,4\text{см}$, а при звичайній 45см ширині міжрядь — $17,6\text{см}$ із співвідношенням сторін відповідно $K_1 = 0,72$ і $= 0,39$, тобто при комбінованій ширині міжрядь співвідношення сторін прямокутника площі живлення рослин «К» ($K_1 = 0,72$) в 1,8 рази перевищує значення для звичайної ширини міжрядь. Зазначене свідчить про рівномірніше розміщення рослин з наближеною до квадрата площею живлення (рис. 7.14), що сприяло підвищенню продуктивності буряків (табл. 7.6).

?????????? Абзац нужно внимательно исправить

Таблиця 7.6.

Оцінка за різницею біологічної урожайності буряків цукрових залежно від густоти стояння і ширини міжрядь

Густота Стояння рослин, тис/га	Урожайність (ц/га) при міжряддях		Різниця урожайност і «d», ц/га	Квадрат різниці ["d"]²	Співвідношення сторін площі живлення за коефіцієнтом «К»	
	комбінованих 3×30+45 см	звичайних 45 см			комбіновані міжряддя	звичайні міжряддя
60-70	526	468	+58	3364	1,35	0,75
70-80	541	490	+51	2601	1,17	0,66
80-90	550	496	+54	2916	1,03	0,58
90-100	561	482	+79	6241	0,92	0,52
100-	541	474	+67	4489	0,84	0,47
110	501	470	+31	961	0,76	0,43
110-	494	448	+46	2116	0,70	0,4
120	435	378	+57	3249	0,65	0,36
120-			17,5			
130						
130-						
140						
НСР₀₁						

Рівномірніше розміщення рослин у рядках з близькими до ширини міжряддя інтервалами вплинуло також на зменшення відхилень коренеплодів від умовної осевої лінії рядка. Так, якщо при звичайній ширині міжрядь на величину $\pm 40-50$ мм відхилялось 6,5 % коренеплодів, то при комбінованій — 1,5 % або у 4,3 рази менше, що є дуже важливим чинником для якісного проведення технологічних процесів зрізування гички і викопування коренеплодів (рис. 7.15).

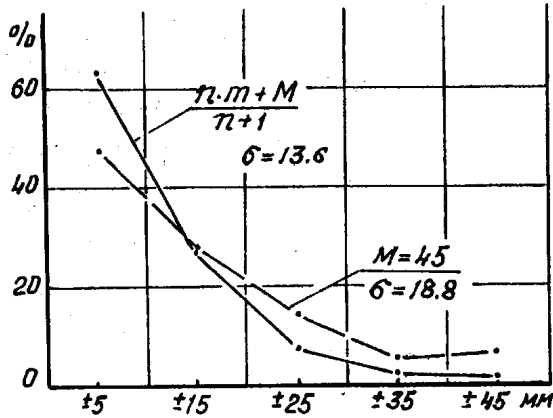


Рис. 7.15. Розподіл відхилень коренеплодів від умовної осьової лінії рядків при комбінованій ($\frac{nm + M}{n + 1}$) і звичайній ($M = 45$ см) ширині міжрядь

Аналогічна закономірність спостерігається і по ступеню варіювання відхилень висоти виступання головок коренеплодів відносно поверхні ґрунту (рис. 7.16)

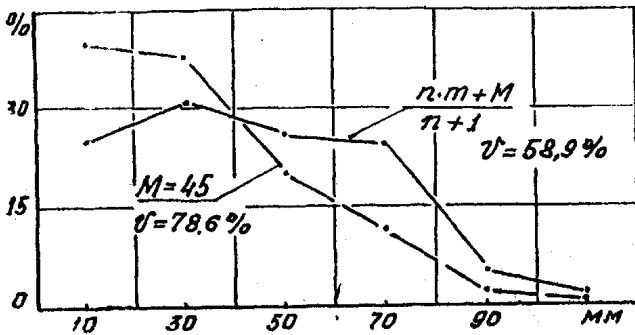


Рис. 7.16. Розподіл коренеплодів за висотою розташування головок відносно поверхні ґрунту і ступінь їх варіювання ($V, \%$) при комбінованій ($\frac{nm + M}{n + 1}$) і звичайній ($M = 45$ см) ширині міжрядь

Найбільшою прогалиною при переході на комбіновані (звужені) міжряддя залишається розробка збиральних машин, особливо їх робочих органів для зрізування гички і викопування коренеплодів.

Проведеними дослідженнями комплексу переобладнаних серійних машин доведена можливість збирання вироцих з комбінованою шириною міжрядь буряків цукрових при прийнятній якості збирання гички, доочищення коренеплодів і їх викопування (табл. 7.7). Проте для широкого впровадження такої технології необхідна розробка нового, досконалого, менш металомісткого вітчизняного комплексу збиральних машин, особливо коренезбиральних, які дотепер є, в основному, самохідними і мають масу понад 10 т., бо розроблені за аналогами надто складних і потужних бункерних комбайнів провідних західноєвропейських фірм, що на протязі останніх 10–15 років безроздільно панують на бурякових полях України.

Таблиця 7.7.

Якість роботи модернізованих збиральних машин

Показники	БМ-6А(В) з очищувачем+ +КС-6Б-05(В)	БМ-6А(В) з очищувачем+ +ОГД-6(В)+КС-6Б-05(В)
Склад зібраного вороху, %:		
коренеплоди	80,9	89,2
частини коренеплодів	1,8	2,6
земля гичка і рослинні	9,2	6,2
залишки Кількість	8,1	2,0
коренеплодів зі зрізом, %:		
нормальним		
низьким		
високим		
Відходи маси головок у	20,3 3,4	76,1 8,5
гичку при зрізуванні, %	76,3	15,4
Втрати коренеплодів, %:		
після БМ-6А(В) і очищу-	0,2	0,4
вачів		
після КС-6Б-05(В)	1,4	5,2
	5,2	5,6

При видаленні гички машиною БМ-6А(В) на підвищеному бескопірному зрізі без подальшого проходу двохвального очищувача і збирання коренеплодів машиною КС-6Б-05(В) загальна забрудненість бурякової сировини склала 17,3 %, в тому числі зеленою масою 8,1 % (табл.

7.7). З включенням в роботу двохвального очищувача забрудненість вороху зеленою масою знизилася до 2 %, що в 1,5 рази менше допустимої межі. Зменшилась також кількість коренеплодів з високим зрізом і забрудненість вороху грудками землі. Однак при цьому число вибитих з ґрунту та зметених на прибране поле коренеплодів стало на 3,8% більше.

7.6. Висновки по розділу

Розроблена і апробована у виробництві нова / патент України № 5132/ альтернативна технологія виробництва буряків цукрових з комбінуванням /поєднанням/ міжрядь основних (30 см) і технологічних (45 см) в одному захваті 16-рядного посівного агрегату і культиватора для міжрядного обробітку та 8-рядних машин для роздільного збирання гички і коренеплодів.

При вирощуванні буряків цукрових з комбінованою шириною міжрядь цілком виправдана мала норма висіву насіння (8–10 шт/м за рівня польової схожості 50 %), яка навіть при деякому ризику отримання зріджених сходів, дозволяє сформувати оптимальну густоту стояння рослин (100–110 тис/га) в процесі сівби насіння з обґрунтованою, близькою до квадрата, площею живлення рослин і додатково отримати з кожного гектара 5,0–6,0 т коренеплодів з більш вирівняними розмірами і підвищеною на 0,4–0,6 пункти цукристістю, на 4–5 % доброякісністю очищеного соку, зниженням вмісту зольних елементів, нітратного азоту і зменшенням дуплистості.

Вирощування маточкових цукрових буряків за такою ж схемою блочних модулів (3×30см + 1×45), але з отриманням до збирання 5–6 рослин на метрі забезпечує збільшення на 40–50 % вихід ділових коренеплодів, придатних до машинного садіння при висадковому насінництві, що дозволяє вдвічі скоротити площі посівів маточкових буряків.

Література

1. Аванесов Ю. Б. Корнеуборочная машина РКМ-6 / Ю.Б. Аванесов // Сельский механизатор. -2005. – №1. – С. 26-27; №2. – С. 38-39; №3. – С. 22-24; №10. – С. 24-25.
2. Аванесов Ю. Б. Свеклоуборочная техника Франции / Ю.Б. Аванесов// Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1983. – №11. – С. 62-64.
3. Аванесов Ю. Б. Современные методы и средства механизации уборки сахарной свеклы / Ю.Б. Аванесов. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. – 51 с.
4. Аванесов Ю. Б., Свеклоуборочные машины /Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, И.И. Русанов / – М.: Колос, 1979. – 352 с.
5. Аванесов Ю.Б. Уборка сахарной свеклы в сложных условиях / Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, Н.М. Зуев // М.: Колос, 1983. - 156 с.
6. Агрофізичні властивості цукрових буряків і показники якості роботи бурякозбиральних машин / [Роїк М.В., Зуєв М.М., Курило В.Л., Гументик М.Я.]; за ред. М.В. Роїка. - [вип.6]. – К.: ПоліграфКонсалтінг, 2003. – 64с. – (Наукові праці).
7. Адамчук В.В. Теорія ударної взаємодії вібраційного викопувального робочого органу з коренеплодом цукрового буряка, закріпленим у ґрунті. / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, І.В. Головач // Механізація та електрифікація с/г: Міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха.: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2008. – Вип. №92. – С. – 26-42.
8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий // Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. - 280с.
9. Акофф Р. Системы, организации и междисциплинарные исследования. Исследования по общей теории систем / Р. Акофф. – М.: «Прогресс», 1969. – 286 с.

10. Барановський В.М. Механіко-технологічні основи розробки адаптованих коренезбиральних машин :автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / В.М.Барановський. — Тернопіль, 2013. — 44 с.
11. Басин В.С. Об оценке точности распределения семян и растений по длине рядка / В.С. Басин // Исследование и изыскание новых рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сборник научных трудов ВИСХОМ и УкрНИИСХОМ. 1973. - Вып. 10. - С. 18-23.
12. Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. – М.: Наука, 1975. т. 2. – 606 с.
13. Башкирев А.П. Совершенствование процесса выкапывания корнеплодов сахарной свеклы вильчатым копачом /А.П. Башкирев, В.А. Семькин//Повышение эффективности использования и ремонта сельскохозяйственной техники. –Курск.: изд.КГСХА, -1999. -С. 53-54.
14. Бондаренко М.Ф., Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Мозгоподобные структуры: Справочное пособие. Том первый. Под редакцией акад. НАН Украины И.В. Сергиенко. – К.: Наукова думка, 2011. – 460 с.
15. Борисюк В.А. Возделывание сахарной свеклы при комбинированной ширине междурядий / В.А. Борисюк, Н.М. Зуев, В.И.Паламарчук,Н.П. Волоха// Сборник научных трудов ИСС УААН "Механизация технологических процессов в свекловодстве". – К. 1994. – С.3–16.
16. Борисюк В.А. Возделывание сахарной свеклы с узкими междурядьями / В.А. Борисюк, Н.М. Зуев, В.И. Паламарчук, Н.П. Волоха // Сахарная свекла. -1990. - №2. - С.27–31.
17. Брей В.В. Исследование и разработка процесса извлечения из почвы корней сахарной свеклы: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.20.01«Механизация сельскохозяйственного производства» / К., 1972.-31 с.

18. Бублик Н.И. Качество уборки в зависимости от условий и типа свеклоуборочных машин / Н.И. Бублик, Н.М. Зуев // Сахарная свекла. - 1985. - № 9. - С.5-7.
19. Булгаков В.М. Про вимушені поперечні коливання тіла коренеплоду при вібраційному викопуванні/ В.М. Булгаков, І.В. Головач // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Збірник наукових праць. Вип. 39. Харків.: ХНТУСГ, 2005. – С. 23-39.
20. Булгаков В.М. Теоретичне дослідження повздовжніх коливань коренеплоду у ґрунті як у пружному середовищі при вібраційному викопуванні / В.М. Булгаков, І.В. Головач // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Збірник наукових праць. Вип. 44, Т. 2. Харків.: ХНТУСГ, 2006. – С. 131-155.
21. Булгаков В.М. Теорія вібраційного викопування коренеплодів/ В.М. Булгаков, І.В. Головач // Збірник наукових праць Національного аграрного університету «Механізація сільськогосподарського виробництва». – К., 2003. – т. XIV. – С. 34-86.
22. Булгаков В.М. Теорія поперечних коливань коренеплоду при вібраційному викопуванні/В.М. Булгаков, І.В. Головач // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип. 18. Мелітополь., 2004. – С. 8-24.
23. Буряки цукрові. Збирання. Показники якості та методи їх визначання: ДСТУ 7062:2009. - [Чинний від 2009-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 9с. – (Національний стандарт України).
24. Буряківництво. Проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження./ [за ред. В. Ф. Зубенка] К. : НВП ТОВ « Альфа-стевіяЛТД», – 2007. – 486 с.
25. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем / В.Н. Бусленко. – М.: Наука, 1977. – 240 с.

26. Бусленко Н.П. Лекции по теории сложных систем / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников, И.Н. Коваленко. – М.: Сов. радио, 1973. – 440 с.
27. Василенко П.М. Вибрационный способ уборки корнеплодов / П.М. Василенко, Л.В. Погорелый, В.В. Брей // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - 1970. - № 2. – С. 9-13.
28. Величко В.В. Соотношение различных технологий возделывания / В.В. Величко, В.Л. Аничкин // Сахарная свекла. – 1996. – № 7. – С. 2–3.
29. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 580 с.
30. Ветохин В.И. Обоснование формы и параметров рыхлительных рабочих органов с целью снижения энергозатрат на обработку почвы : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» /В.И. Ветохин. – М., 1992. – 24 с.
31. Войтюк П. Класифікація техніки для однофазного способу збирання цукрових буряків / П.Войтюк, В.Гречка, М.Волоха // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ, 2000. – Вип. 3(17). – С.79–90.
32. Волоха М. Західноєвропейські машини на бурякових полях України / М.Волоха, В. Дмитриченко // Пропозиція. - 1996. - № 4. - С.55-56.
33. Волоха М. Машинне забезпечення валкової технології збирання цукрових буряків / М.Волоха, П.Войтюк, В.Гречка // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ, 2001. – Вип. 4(18). – С.59–67.
34. Волоха М.П. Вчасно визначитись з технікою для збирання / М.П. Волоха, П.О. Войтюк, М.І. Іванчук // Цукрові буряки. - 2001. - № 4. – С.16-17.

35. Волоха М.П. Моделювання технологічних процесів підготовки ґрунту і насіння до сівби цукрових буряків / М.П.Волоха // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково - технічний збірник. - Кіровоград: КНТУ. 2013.– Вип. 43, Ч.1. – С. 246-252.
36. Волоха М.П. Переваги сівалки УПС-12 / М.П. Волоха, П.О. Войтюк, С.Ф. Бойченко // Цукрові буряки. - 2003. - № 3(33). - С.22-23.
37. Волоха М.П. Принципи моделювання технологічних процесів виробництва цукрових буряків / М.П.Волоха // Проблеми екологічної біотехнології: Електронний науковий журнал Національного авіаційного університету.- К.: НАУ, 2013. - № 2.- Режим доступу: <<http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/5503/6215>>
38. Волоха М.П. Розробка технологічного комплексу машин для виробництва цукрових буряків з комбінованою шириною міжрядь / М.П. Волоха, В.М. Балан // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук.праць. - К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. – Вип. 22. – С. 149–157.
39. Волоха М.П. Швидкість руху сівалки, норма висіву і точність розміщення насіння / М.П. Волоха, П.О. Войтюк // Цукрові буряки. - 1999. - № 3. - С.12-13.
40. Волоха Н.П. Влияние вынужденных колебаний корнеплода сахарной свеклы на усилие извлечения его из почвы / Н.П. Волоха // Вісник сільськогосподарської науки. -1987. - № 8. - С. 13-15.
41. Волоха Н.П. К обоснованию параметров колебаний вибрационных рабочих органов для выкапывания корнеплодов сахарной свеклы /Н.П. Волоха // Основные направления развития техники для возделывания и уборки сахарной свеклы и кукурузы по индустриальным технологиям : Всесоюзн. науч.-техн. конф., 3-5 окт. 1986 г. : тезисы докл. - Харьков, УкрНИИСХОМ, 1986. – С. 15.

42. Волоха Н.П. Оценка работы немецких уборочных машин / Н.П. Волоха, П.А. Войтюк // Сахарная свекла. - 1998. - № 9. – С.18–19.
43. Волоха Н.П. Разработка и обоснование параметров вибрационных выкапывающих рабочих органов свеклоуборочных машин: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Н.П. Волоха. – К., 1987. -21 с.
44. Волоха Н.П. Разрушение связей корнеплодов с почвой при вибрационном их подкапывании / Н.П. Волоха // Техника в сельском хозяйстве. - 1990. - № 5. – С.33–35.
45. Волоха Н.П. Условия проявления резонанса при вибрационном подкапывании корнеплодов сахарной свеклы / Н.П. Волоха // Сборник научных трудов ВНИС "Механизация технологических процессов в семеноводстве сахарной свеклы". – К. 1988. – С. 13–28.
46. Волоха Н.П. Возможности механизации процессов уборки ботвы и корнеплодов сахарной свеклы при выращивании ее с узкими междурядьями / Н.П. Волоха // Современные проблемы земледельческой механики : междунар. науч.- техн. конф., 20–22 июня 1989 г : тезисы докл. -Мелитополь.: МИМСХ, 1989. – С. 122-123.
47. Впровадження нової бурякозбиральної техніки – шлях підвищення рентабельності виробництва / [Я.Ю. Вовк, Я.М. Сало, М.П. Волоха та ін.] // Цукрові буряки. - 2005. - №6(48). – С.17–19.
48. Впровадження нової бурякозбиральної техніки – шлях підвищення рентабельності виробництва / [Я.Ю. Вовк, Я.М. Сало, М.П. Волоха та ін.] // Цукрові буряки. -2006. - № 1(49). – С. 16-18.
49. Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 239 с.
50. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.

51. Глуховский В.С. Разработка научных основ технологии выращивания сахарной свеклы без затрат ручного труда : автореф. дис. на соискание науч. степени докт.с.-х.наук : спец. 06.01.09 «Растениеводство»; 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / В.С.Глуховский. – К., 1987. – 42 с.
52. Головач І.В. Теорія безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту при вібраційному викопуванні / І.В. Головач // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Збірник наукових праць. Вип. 44, Т. 2. Харків: ХНТУСГ, 2006. – С. 77-100.
53. Груббер В. Самоходки наступают / В. Груббер// Новое сельское хозяйство. -2006. – № 3. – С. 98-100.
54. Дворецкий С.И., Егоров А.Ф., Дворецкий Д.С. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. - 224 с.
55. Доронін В.А. Вплив шліфування насіння на його посівні якості / В.А. Доронін, М.В. Бусол, С.І. Марченко. //Цукрові буряки. -2000. - № 5(17).- С.18-19.
56. Доронін В. А. Фізико-механічні властивості дражованого насіння / В. А. Доронін, С.І. Марченко, С.М. Мотренко // Цукрові буряки. - 2006. - № 1(49) - С. 15-16.
57. Дорошенко Ю.О. Моделювання траєкторії польоту насінини при сівбі висівним апаратом пневматичного типу / Ю.О.Дорошенко, М.П.Волоха // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип.4, т. 55. – С.81–86.
58. Дубров А.М. Многомерные статистические методы / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин – М.: Финансы и статистика, 2003. – 352 с.

59. Дюран Б., Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Одел – М.: Статистика, 1977. – 128 с.
60. Завьялов Ю.С. Методы сплайн-функций / Ю.С. Завьялов, Б.И. Квасов, В.Л. Мирошниченко. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
61. Збиранню цукрових буряків – високу якість / [В.Л. Курило, В.М. Сінченко, В.І. Пиркін та ін.] // Цукрові буряки. - 2012.- № 4.- С.6-8.
62. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А.Н. Зеленин. - М.: Машиностроение, 1968. – 287 с.
63. Зенин Л.С. Точный высеv сахарной свеклы /Л.С. Зенин // Сахарная свекла. – 2007. - № 4. - С.14-18
64. Зенин Л.С. Основная обработка почвы при возделывании сахарной свеклы /Л.С. Зенин // Сахарная свекла. - 2007. - № 6. - С.23-26.
65. Зуев Н.М. Особенности уборки свеклы / Н.М. Зуев // Сахарная свекла. - 1991. - №4. – С.5–6.
66. Зуев Н.М. Снизить потери и повысить качество сырья / Н.М. Зуев //Сахарная свекла. - 1987.-№7.-С.3-5.
67. Зуев Н.М. Снизить потери на свекловичном поле / Н.М. Зуев //Техника в сельском хозяйстве. - 1980. -№ 10. - С. 15-16.
68. Зуев Н.М.Размещение корнеплодов в рядах и качество уборки// Н.М. Зуев //Сахарная свекла. - 1980. - № 10.- С.24-29.
69. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
70. Ивахненко А. Г., Юрачковский Ю. П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. - М.: Радио и связь, 1987. - 198 с.
71. Кендалл М. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Кендалл, А. Стюарт. ; пер. с англ. – М. : Наука, 1973. – 900 с.
72. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 216 с.
73. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины /Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.

74. Ковтун Ю.І. Використання у буряківництві комп'ютерної програми / Ю.І. Ковтун, В.І. Пастухов, В.В. Качанов // Цукрові буряки. - С. 6-7.
75. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
76. Коренеплод и цукрових буряків для промислового перероблення. Технічні умови:ДСТУ 4327:2004. - [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 10 с. – (Національний стандарт України).
77. Курындин А.В. Ширина междурядий и урожай корнеплодов / А.В. Курындин, П.Н. Ренгач, А.В. Климова // Сахарная свекла. - 2012. - № 3. - С. 32-36.
78. Кушнарєв А.С. Механико-технологические основы процесса воздействия рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий на почву :автореф. дис. на соискание науч. Степени докт. техн. наук : спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / А.С. Кушнарєв. - Челябинск, 1981. – 41 с.
79. Ларичев О.И. Качественные методы принятия решений / О.И. Ларичев, Е.М. Мовшович. – М.: Наука, 1996. – 268 с.
80. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б. Лурье. – М.: Колос, 1981. – 380 с.
81. Макаров И.М. Целевые комплексне программы / И.М. Макаров, В.Б. Соколов, А.А. Абрамов. – М.: «Знание», 1980. – 135 с.
82. Маковецкий О.А. Преобразование параметров распределения семян сахарной свеклы при стохастическом характере полевой всхожести// Системные методы испытаний техники для животноводства и кормопроизводства. Киев, 1989. - С. 115-123.

83. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
84. Мартынов В. М. Мировые тенденции и перспективы в производстве технических средств для уборки корнеклубнеплодов /В.М. Мартынов //Научное обеспечение устойчивого функционирования АПК. Материалы всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием в рамках XIX Междунар. специализированной выставки «АгроКомплекс-2009» (3-5 марта 2009 г.). Часть I. – Уфа.: ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2009. – С. 276-280.
85. Мартынов В. М. Современные технологии и технические средства для уборки корнеплодов / В.М. Мартынов// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 3. – С. 27-29.
86. Мартынов В.М.Проектирование рабочих органов и машин для уборки корнеплодов / В. М. Мартынов. – Уфа.: изд. Башкирского ГАУ, 2011. – 250 с.
87. Марченко В. В.Современные свеклоуборочные комбайны / В.В. Марченко, В.М. Несвидомин, В.Г. Опалко // Агровісник. -2008. – № 8. – С. 72-77.
88. Математичні методи ідентифікації динамічних систем: навчальний посібник / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 260 с.
89. Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови: ДСТУ 2285 – 93 (ГОСТ 7496 - 93). - [Чинний від 1995. 01. 01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1995. – 28 с. - (Національний стандарт України)
90. Машини для свекловодства / [под ред. А. Г. Цымбала, Ю. И. Ковтуна]. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
91. Месарович М. Общая теория систем и ее математические основы. Исследования по общей теории систем / И.М. Месарович. – М.: «Прогресс», 1969. – 321 с.

92. Методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних цукрових буряків / [Курило В.Л., Ганженко О.М., Мазуренко А.М. та ін.] - Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 32 с.
93. Михалевич В.С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В.С. Михалевич, В.Л. Волкович. – М.: Наука, 1982. – 286 с.
94. Мишин М. А. Конструкции ботвосрезающих устройств современных свеклоуборочных машин / М.А. Мишин // Тракторы и сельхозмашины. - 1974. – №4. – С. 29-30.
95. Мороз О.В. Оптимальні строки збирання і вивезення цукрових буряків - резерв високого врожаю. /О. В.Мороз, А.М. Горобець, В.М. Смірних // Цукрові буряки. -2012. - № 5(89). – С. 4-5.
96. Нагорный Н.Н. Энергетическая оценка почвообрабатывающих орудий /Н.Н. Нагорный, М.П. Белоткач// Тракторы и сельхозмашины. - 1980. - № 7. - С.15-17.
97. Наливайко С. Е. Высокая производительность и минимальные потери – отличительные особенности свеклоуборочного комплекса "Артс-Вай" / С.Е. Наливайко // Сахарная свекла. - 2007. – № 5. – С. 38-39.
98. Насіння цукрових буряків. Вимоги щодо заготовляння: ДСТУ 4231:2003. - [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2002. – 8 с. – (Національний стандарт України).
99. Науково–методичні рекомендації щодо збирання цукрових буряків / Роїк М.В., Зуєв М.М., Курило В.Л., Гументик М.Я. - К.: Аграрна наука, 2002. – 42 с.
100. Никитин А.Ф. Ширина междурядий и продуктивность корнеплодов /А.Ф.Никитин, А.М. Парфенов // Сахарная свекла. - 2008. - № 10. - С.30-32.
101. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 114 с.

102. Норенков И.П. Системы автоматизированного проектирования: учеб. пособие для вузов: В 9 кн. Кн.1. Принципы построения и структура / И.П. Норенков. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 123 с.
103. Обробіток ґрунту під цукрові буряки передпосівний. Вимоги та методи контролювання : ДСТУ 4819:2007. - [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 9 с. – (Національний стандарт України).
104. Овсянников А. А. Выбор свеклоуборочных машин для условий Кубани / А.А. Овсянников, В.И. Масловский, С.Н. Цыцорин// Сахарная свекла. - 2004. – № 6. – С. 37-40.
105. Операционная технология производства сахарной свеклы на индустриальной основе / [под ред. В.С.Глуховского]. - М.:Россельхозиздат, - 1984.–287 с.
106. Основные факторы, влияющие на качество уборки сахарной свеклы / [Н.В. Роик, В.Л. Курило, В.Н. Синченко и др.] // Сахарная свекла. – 2012. - № 8. – С. 29-32.
107. Осуховський В. Розширення функціональних можливостей коренезбиральної машини КС-6Б / В. Осуховський, М. Волоха // Пропозиція. - 2002. - № 8-9. - С.86-88.
108. Паламарчук В.И. Сев на конечную густоту насаждения. Когда он возможен? / В.И. Паламарчук // Сахарная свекла. - 1987. - № 3. - С. 19-21.
109. Панов И.М. Физические основы механики почв: [монография] / И.М. Панов, В.И. Ветохин. - К.: «Феникс» 2008. – 266 с.
110. Патент №47743 Україна, МПК(2009), В08В 9/00. Робочий орган ґрунтообробного знаряддя (диск) / В.П. Юрчук, М.П.Волоха, В.М.Волоха, Л.В.Болдирева; заявник і власник Національний авіаційний університет. - № у 2009 08002; заяв. 29.07.2009; опуб. 25.02.2010, Бюл.№ 4.
111. Патент №50034 Україна, МПК(2009), А01В 79/00. Спосіб екологозберігаючої технології вирощування цукрових буряків / О.О.

- Іващенко, В.І.Пиркін, В.Л.Курило, О.В.Ступенко та ін.; заявник і власник Інститут цукрових буряків УААН. - № u 2009 11446; заяв. 25.05.2010; опуб. 25.02.2010, Бюл.№ 10.
112. Патент №5132 Україна, МПК А01 В79/02, А01 С7/00. Спосіб вирощування цукрових буряків / В.О. Борисюк, М.М.Зуев, В.І. Паламарчук, М.П. Волоха, О.А. Маковецький; заявник і власник Інститут цукрових буряків УААН. - №4720953/811; заяв. 19.07.1989; опуб. 28.12.1994, Бюл.№ 7.
113. Патент №55133А Україна, МПК 7А01С1/00. Пристрій для підготовки насіння до сівби /Роїк М.В.,Войтюк П.О., Волоха М.П.; заявник і власник Інститут цукрових буряків УААН. - №2002 075487; заяв. 04.07.2002; опубл. 17.03.2003, Бюл.№ 3.
114. Переваги використання енергонасичених тракторів / [М.В. Роїк, А.М. Мазуренко, С.П. Гудзь та ін.] // Цукрові буряки. -1998. -№5. - С.12-13.
115. Перспективи механізації збирання цукрових буряків / М.В. Роїк, А.М. Мазуренко, О.С. Каладжан. та ін. // Цукрові буряки. - 1998. - № 4. - С. 7-9.
116. Петров Г. Д. Картофелеуборочные машины /Петров Г.Д. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.
117. Петров Г. Д. Перспективы механизации уборки сахарной свеклы / Г.Д. Петров, А.В. Корниенко, А.К. Нанаенко // Сахарная свекла. -1994. – №9. – С. 5-9.
118. Петров Г. Д. Французские машины для обрезки ботвы сахарной свеклы / Г.Д. Петров, В.А. Хвостов, Л.И. Левчук // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - 1973. – № 2. – С. 54-55.
119. Погорельый Л.В.Свеклоуборочные машины (история, конструкция, теория, прогноз) /Л.В. Погорельый, Н.В. Татьянако– К.: «Феникс», 2004. – 232 с.

120. Погребняк С.П. Возможности освоения перспективных направлений в технологиях буряковиробництва України / С.П. Погребняк, М.П. Волоха, П.О. Войтюк // Фондовый рынок. – 1998. - № 44(102). – С. 28-29.
121. Погребняк С.П. Передпосівний обробіток з найменшими енерговитратами / С.П. Погребняк, М.П. Волоха, //Цукрові буряки. - 1998. - № 3. - С.21- 22.
122. Погребняк С.П. Энергосберегающая интенсивная технология / С.П. Погребняк, В.В. Захарова, М.П. Волоха // Сахарная свекла. - 2000. - № 2. - С.14–16.
123. Погребняк. С.П. От чего зависит качество уборки / С.П. Погребняк, Н.П Волоха // Сахарная свекла. - 1995. - № 8. – С.14–17.
124. Поспелов Г.С. Программно-целевое планирование и управление / Г.С. Поспелов, В.А. Ириков. – М.: «Сов. Радио», 1976. – 440 с.
125. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Издательство «Наука», 1968. – 288 с.
126. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами / Л.А. Растринин. – М.: Сов. радио, 1980. – 232 с.
127. Роїк М.В. Ефективність механізованих технологій вирощування та збирання цукрових буряків / М.В. Роїк, М.П. Волоха, П.О. Войтюк, А.В, Фурса // Вісник аграрної науки. – К.: 2000. - № 4. – С.43–46.
128. Рузин И.М. Свеклоуборочный комбайн КСТ-3А. Руководство по сборке, уходу и эксплуатации свеклокомбайна с каталогом запасных частей / И.М. Рузин // Днепропетровск : «ДКЗ», 1974. – 87 с.
129. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.
130. Сарапулов А.К. Технологический процесс выкапывания корнеплодов сахарной свеклы дисковыми копачами / А.К. Сарапулов, Н.П. Волоха //Тракторы и сельхозмашины. - 1984. -№ 2, - С. 19-21.

131. Свеклоубочные машины (конструирование и расчет) / [под ред. Л.В. Погорелого]. – К.: Техніка, - 1983. – 168 с.
132. Семенов Д. А. Новые свеклоуборочные комбайны / Д.А. Семенов в кн.: Комплексная механизация возделывания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1968. – С. 81-84.
133. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. – К.: Наукова думка, 1988. – 472 с.
134. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
135. Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. [Текст] – Вип. 18. – Луцьк: ЛНТУ, 2009. – 546 с.
136. Сінченко В.М. Управління процесами біоадаптивної технології виробництва цукрових буряків / В.М. Сінченко, В.І.Пиркін // Цукрові буряки. - 2013. - № 3. - С. 6-13.
137. Сінченко В.М. Управління формуванням продуктивності цукрових буряків: [монографія] / В.М. Сінченко. – К.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2012. – 582 с.
138. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6: методичні вказівки / [Е.Р. Ермантраут, О.І. Присяжнюк, І.Л. Шевченко]. – К., 2007. – 55 с.
139. Сучасна вітчизняна альтернативна технологія збирання цукрових / М. Роїк, Я. Гуков, А. Мазуренко та ін. // Пропозиція. - 2006. - № 9 - С.79-81.
140. Сысолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины : история, машиностроение, конструирование / П.В. Сысолин, Л.В. Погорелый. – К.: «Феникс», 2005. – 264 с.
141. Томашевский В.Н., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
142. Томиленко Е.Г. Исследование технологических качеств и их изменений при хранении свеклы, убранный комплексами машин: автореф. дис. на

- соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.10.05 «Технология сахара и сахаристых продуктов, чая, табака и субтропических культур» / Е.Г. Томиленко. – К., 1981.-23 с.
143. Топоровский С.А. Обоснование технологического процесса и основных параметров рабочего органа для уборки ботвы сахарной свеклы без копирования головок корнеплодов: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / С.А. Топоровский. – К., 1988. - 19с.
144. Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение. Сер. 2, Сельскохозяйственные машины и орудия. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш. – 1986. – №8: Развитие конструкций машин для уборки сахарной свеклы. – 34 с.
145. Фізико-математичне моделювання складних систем / Буряк Я., Чапля Є., Нагірний Т., Чекурін В. та ін. - Львів: СПОЛОМ, 2004. – 264 с.
146. Хамханова Д.Н. Общая теория измерений: Учебное пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 168 с.
147. Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання) / Шпаар Д., Драгер Д., Каленська С. та ін.; за ред. Д. Шпаара. – К. : ННЦ ІАЕ, 2005. – 340 с.
148. Цымбал А .Г. Причины потерь сахарной свеклы при уборке /А.Г. Цымбал // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. - № 10. - С.9.
149. Чернявская Л.И. К вопросу о потерях сахара при хранении свеклы / Л.И. Чернявская, М.З. Хелемский // Сахарная промышленность. -1996. - № 1. – С. 1-8.
150. Шабельник Б. П. Конвейеры-очистители корнеуборочных машин: теория и расчет / Шабельник Б.П. – К. : Міносвіта, 1998. – 243 с.

151. Шабельник Б. П. Методика расчета производительности кулачковых очистителей / Б.П. Шабельник, В.М. Мартынов, И.Н. Серебряков // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. – № 2. – С. 56-57.
152. Шаповал Н.П. Равномерность размещения растений и продуктивность свеклы / Н.П. Шаповал // Сахарная свекла. - 1985. - № 3. - С. 24-25.
153. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб: Питер, 2010. – 192 с.
154. Шмиттманн О. Долгая осень и высокие урожаи: особенности производства сахарной свеклы в Великобритании / О. Шмиттманн // Новое сельское хозяйство. -2006. – № 3. – С. 102-103.
155. Юрчук В.П. Геометрическое конструирование поверхностей выкапывающих рабочих органов корнеуборочных машин: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.01.01 «Прикладная геометрия, инженерная графика» / В.П. Юрчук. – К., 1987. – 26 с.
156. Encyclopedia of measurement and statistics. Edited by N.J. Salkind. – SAGE Publications, 2007. – 1219p.
157. Gruber W. Trends bei der Technik für die Zuckerrübenenernte/ W Gruber // Landtechnik. – 2001. – Jg. 56. – №6. – P. 380-381.
158. Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion, Referat 516: Bonn: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL). – 2001. – 104 p.
159. Koller R. Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau. – Berlin: Springer-Verlag, 1976. – 191 p.
160. Knott L. Bessere Düsen technik für pflanzen schutzgerate.// Lohnunternehmen in Lond. Orstwirtschaft. -1988.-40/ -s.148-156.
161. Márquez L. Maquinaria para la recolección de la remolacha/ L. Márquez// Agrotécnica, 2007, Abril. – P. 42-46; Julio. – P. 32-39; Agosto. – P. 24-31; Septiembre. – P. 2-11.

162. Modeling and Simulation Body of Knowledge (M&SBoK) [електронний ресурс] <http://www.site.uottawa.ca/~oren/MSBOK/MSBOK-index.pdf>
163. Moitzi G., Boxberger J. Vermeidung von Bodenschadverdichtungen beim Einsatz von schweren Maschinen – eine aktuelle Herausforderung // *Ländlicher Raum*, 2007. – P. 1-27.
164. Pearson K. On a method of determining whether a sample of size N supposed to have been drawn from a parent population having a known probability integral has probably been drawn at random // *Biometrika*. – Cambridge, 1933. – Vol. 25. – P. 379-410.
165. Pirkelmann H. Futtermittel: Technik im Feld und Stall / H. Pirkelmann // – Bonn; Bad Godesberg. – 1980. – 32 p.
166. Ross S.M. Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists. – London: Elsevier Academic Press, 2004. – 624 p.
167. Spiess E., Diserens E. Betteraves à sucre: technique de récolte et protection des sols // *Rapport FAT*. – 2001. – №567. – P. 1-19.
168. Volokha M. Simulation technology of sugar beet / M. Volokha, I. Boldyrieva // *Вісник Національного авіаційного університету*. – К.: НАУ, 2014. - №4. С. 133-139.
169. Wooldridge M. J. An introduction to multiagent systems. - JOHN WILEY & SONS, LTD. – 2002. – 348 p.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

М. П. Волоха

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС МАШИН
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ:
ШИРИНА МІЖРЯДЬ

ТЕОРІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

МОНОГРАФІЯ

Підписано до друку 05.05.2015 р. Формат 60x84 1/16.
Друк лазерний. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 12,7. Тираж 300 прим.

ТОВ «Центр учбової літератури»
вул. Лаврська, 20 м. Київ

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 2458 від 30.03.2006 р.