

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМ. ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „Оцінення ймовірнісних складових системи централізованого збирання цукрових буряків в умовах Стрийського району Львівської області”

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62
Спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Шуст Дмитро Олександрович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Шарібура А.О.
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: _____
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМ. ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА
“ _____ ” _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на дипломну роботу студенту
Шуст Дмитро Олександрович

1. Тема роботи: **„Оцінення ймовірнісних складових системи централізованого збирання цукрових буряків в умовах Стрийського району Львівської області”**

Керівник роботи: Шарибура Андрій Остапович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 12.09.2024 року № 616/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.12.2024 року.

3. Вихідні дані: 1. Статистичні дані вирощування с-г культур;
2. Звітні дані Стрийської метеорологічної станції - ТСХ-1; 3. Методи математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу; 4. Методика визначення показників економічної ефективності.

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. Аналіз об'єкта проектування та завдання дослідження
 2. Науково-методичні засади дослідження технологічної системи збирання цукрових буряків
 3. Методика збору та опрацювання статистичних даних
 4. Результати виробничих експериментів
 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
 6. Кількісне оцінення показників ефективності системи централізованого збирання цукрових буряків
- Висновки та пропозиції.
- Бібліографічний список.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): _____

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 6	Шарибура А.О. к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Аналіз об'єкта проектування та завдання дослідження»</i>	12.09.24-25.09.24	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Науково-методичні засади дослідження технологічної системи збирання цукрових буряків»</i>	26.09.24-12.10.24	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Методика збору та опрацювання статистичних даних»</i>	13.10.24-25.10.24	
4.	<i>Опрацювання даних виробничих експериментів та написання відповідного розділу</i>	26.10.24-12.11.24	
5.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	13.11.24-20.11.24	
6.	<i>Виконання кількісного оцінення показників ефективності технологічної системи збирання цукрових буряків весняного періоду та оформлення шостого розділу</i>	21.11.24-30.11.24	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	1.12.24-10.12.24	

Студент _____ Дмитро ШУСТ
(підпис)

Керівник роботи _____ Андрій ШАРИБУРА

УДК: 658.51:631.3

Магістерська робота: 89 с. текст. част., 19 рис., 12 табл., 11 лист., 26 джерел.

Оцінення ймовірністних складових системи централізованого збирання цукрових буряків в умовах Стрийського району Львівської області.

Шуст Д.О. А.А. Кафедра АТС ім. проф. Олександра Семковича. Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Досліджено сучасний стан виробництва цукрових буряків у країні. Представлено дані щодо валового збору та урожайності цукрових буряків в Україні. Проведено аналіз наявних методів і моделей, що застосовуються для дослідження механізованих процесів у рільництві.

Висвітлено біологічні характеристики цукрових буряків, зокрема особливості їх дозрівання. Розглянуто існуючі технології збирання цукрових буряків та теоретичні засади формування показників ефективності процесу збору.

Розроблено методичний підхід та програму для проведення виробничих і комп'ютерних експериментів, спрямованих на вдосконалення технологічної системи централізованого збирання цукрових буряків.

Описано результати досліджень, зокрема розподіл вихідної маси коренів цукрових буряків, агрометеорологічні умови в період проведення збиральних робіт, закономірності збільшення маси коренів, а також графоаналітичне моделювання процесу збору.

У магістерській роботі запропоновано заходи з охорони праці, які необхідно враховувати під час бурякозбиральних робіт. Крім того, надано рекомендації щодо захисту населення і попередження травмонебезпечних та аварійних ситуацій у сільськогосподарських підприємствах (СГП).

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1. Аналіз стану виробництва цукрових буряків у державі	10
1.2. Аналіз технічних засобів для збирання цукрових буряків	15
1.3. Біологічні особливості досягання цукрових буряків в часі	19
Висновки до розділу 1	23
2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ...	24
2.1. Аналіз технології збирання цукрових буряків	24
2.2. Теоретичні передумови формування показників ефективності бурякозбирального процесу	27
2.3. Функція мети механізованого процесу збирання цукрових буряків	30
Висновки до розділу 2	33
3. МЕТОДИКА ЗБОРУ ТА ОПРАЦЮВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ	34
3.1. Загальна програма досліджень	34
3.2. Методика збору та систематизації результатів спостережень метеорологічної станції	35
3.3. Методика математичного опрацювання статистичних даних	41
3.4. Методика графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків	44
3.5. Методика оцінення експлуатаційних витрат та втрат врожаю культури через несвоечасність її збирання	48
Висновки до розділу 3	51
4. РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ	52
4.1. Результати дослідження розподілу початкової маси кореня цукрових буряків	52

4.2. Результати дослідження агрометеорологічних умов періоду бурякозбиральних робіт	55
4.3. Результати дослідження закономірностей інтенсивності приросту маси кореня цукрових буряків	60
4.4. Результати графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків	61
Висновки до розділу 4	66
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
5.1. Моделювання процесу виникнення травм та аварій	67
5.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм	69
5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	73
Висновки до розділу 5	75
6. КІЛЬКІСНЕ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ	76
Висновки до розділу 6	78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82
ДОДАТКИ	85

ВСТУП

Збирання цукрових буряків (ЦБ) є складною технологічною задачею, виконання якої значною мірою залежить від кліматичних і погодних умов. Тривалість цього процесу може варіюватися від 20 до 50 днів [13]. У цей період важливо враховувати технічні характеристики як збиральної, так і транспортної техніки, щоб забезпечити своєчасне завершення викопування та транспортування врожаю. З урахуванням стану посівів, прогнозів агрометеорологічних умов на осінь та графіку польових робіт необхідно завершити викопування буряків до 20–25 жовтня, а транспортування сировини на цукрові заводи та приймальні пункти — до 1 листопада. Це пояснюється тим, що у другій половині жовтня значно підвищується ймовірність заморозків на поверхні ґрунту та в повітрі. Таким чином, чим пізніше розпочинається процес збирання, тим інтенсивніше він має відбуватися [13].

Ефективність роботи цукрових заводів у різних регіонах країни значною мірою залежить від результативності діяльності сільськогосподарських підприємств, які займаються вирощуванням цукрових буряків. Незадовільний технічний стан обладнання у таких підприємствах негативно впливає на весь сектор цукрового виробництва. Для визначення необхідної кількості бурякозбиральних комбайнів аграрні господарства повинні застосовувати науково обґрунтовані методи прогнозування продуктивності та можливих параметрів техніки.

Дослідження, проведені в межах магістерської роботи, мали певні обмеження. Зокрема, технологічний процес механізованого збирання цукрових буряків розглядався для одного комбайна, що працює на окремому полі.

Мета роботи – підвищити ефективність процесу механізованого збирання цукрових буряків на підставі оцінення ймовірністних складових технологічної системи централізованого їх збирання.

Завдання дослідження:

- проаналізувати стан виробництва цукрових буряків у державі;
- проаналізувати біологічні особливості досягання цукрових буряків та технології їх збирання;
- розробити теоретичні передумови формування показників ефективності бурякозбирального процесу;
- встановити статистичні характеристики початкової маси кореня цукрових буряків та агрометеорологічних умов періоду бурякозбиральних робіт;
- розробити методику графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків, виконати комп'ютерні експерименти та опрацювати їх результати;
- оптимізувати час початку бурякозбиральних робіт для заданої площі культури, комбайна та агрометеорологічних умов регіону дослідження.

Об'єкти дослідження бурякозбиральний комбайн, технологічний процес механізованого збирання цукрових буряків, календарний приріст маси цукрових буряків, агрометеорологічні умови періоду збиральних робіт.

Предмет дослідження – показники ефективності системи збирання цукрових буряків, їх ймовірний характер та залежність від впливу середовища технологічної системи.

Методи дослідження. У роботі використані методи: системного аналізу та синтезу сукупної дії агрометеорологічного, предметного та біологічного чинників, математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу, графоаналітичного аналізу, опрацювання даних комп'ютерних експериментів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

- обґрунтовано статистичні характеристики головних показників технологічної системи збирання цукрових буряків;

- встановлено залежність інтенсивності приросту маси кореня цукрових буряків від інтенсивності приросту суми ефективних температур повітря;

- встановлено залежність функціональних характеристик системи збирання цукрових буряків від часу початку бурякозбиральних робіт;

- обґрунтовано час початку реалізації системи збирання цукрових буряків для заданої площі культури, комбайна та умов технологічної системи.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що:

- встановлені розподіли та залежності уможливають розроблення об'єктивних методів та моделей з метою дослідження показників ефективності системи централізованого збирання цукрових буряків;

- розроблена графоаналітична модель процесу збирання цукрових буряків уможливує встановлення функціональних характеристик бурякозбиральних комбайнів для заданих виробничих умов;

- обґрунтований час початку бурякозбиральних робіт є важливою підставою розроблення організаційно-технологічних рекомендацій СГП щодо ефективного функціонування системи централізованого збирання (СЦЗ) ЦБ.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз стану виробництва цукрових буряків у державі

Ринкова економіка відіграє ключову роль у подальшому розвитку виробництва бурякового цукру. Проте критичні умови у сільському господарстві, зокрема в галузі вирощування цукрових буряків, призвели до значного зниження обсягів виробництва. Це спричинило розрив економічних зв'язків між підприємствами, галузями та регіонами. У секторі цукрового буряку подібні проблеми проявляються у порушенні взаємодії між виробництвом, зберіганням, переробкою та збутом продукції. Дестабілізація відносин зумовлена порушенням балансу міжгалузевого обміну, ігноруванням ринкових механізмів, розбіжностями економічних інтересів, недостатнім рівнем конкуренції тощо.

В таких умовах особливого значення набуває управління витратами, технічним обслуговуванням підприємств та аналізом економічних показників, таких як доходи, витрати і рентабельність. Це важливо для визначення вартості продукції і послуг, що надаються сільськогосподарськими підприємствами.

Стан буряко-цукрової галузі України залишається складним. За останні десятиліття площі посівів цукрових буряків суттєво скоротилися – майже удвічі, хоча у 2021 році спостерігалася певна тенденція до їх розширення. При цьому кліматичні умови України дозволяють вирощувати цукрові буряки у значно більших масштабах [4, 7].

Середня врожайність цукрових буряків у межах країни залишається низькою. Водночас у передових господарствах цей показник може досягати 350–400 ц/га, а іноді й перевищувати ці значення. У перспективі прогнозується збільшення валового виробництва цукру за рахунок впровадження інтенсивних технологій у сільськогосподарські підприємства (СП), а не за рахунок розширення площ посівів. Основними факторами, що

обмежують отримання стабільно високих врожаїв, є низька культура землеробства, недотримання сівозмін, брак сучасної техніки, кваліфікованих кадрів, а також недостатнє фінансування для закупівлі добрив, пестицидів та якісного насіння.

Слід зазначити, що значна частина посівних площ цукрових буряків у Львівській області розташована у невеликих районах, де середня площа першого сектора становить не більше 166,4 га. Це обмежує можливості впровадження промислових технологій у вирощуванні коренеплодів, порушує сівозміну та впливає на організацію постачання сировини для цукрових заводів. Крім того, внутрішній ринок насіння цукрових буряків зазнав значних порушень, що призвело до втрати потенціалу експорту насінневого матеріалу.

Згідно зі статистичними даними, у 2023 році посівні площі цукрових буряків в Україні становили 237 тис. га, а зібрані площі — 167 тис. га. У 2015 році ці показники були відповідно 292 тис. га і 227 тис. га. Останніми роками щорічно втрачається до 15% посівних площ цукрових буряків [4, 7].

Україна є одним із провідних світових виробників цукру, і за сприятливих умов його виробництво може перевищити 5 млн тонн, з яких близько 3 млн тонн можливо експортувати. Однак за останні 15 років відзначається постійне скорочення посівних площ (з 1,6 млн га до 0,7 млн га), урожайності (з 280 ц/га до 230 ц/га) та обсягів заготівлі цукрової сировини (з 50 млн тонн до 16 млн тонн). Наразі в Україні налічується близько 90 цукрових заводів, але з них фактично працює лише 65, причому середній період їх завантаженості становить 45–50 днів замість необхідних 90. Ці фактори також призвели до скорочення робочих місць у бурякоцукровій галузі.

Аналізуючи ці проблеми, можна визначити оптимальний рівень концентрації посівів цукрових буряків та залежність зниження собівартості їх виробництва від розмірів посівних площ. Також важливим є вдосконалення методики визначення цукристості та порядку оплати за цукрові буряки з

розрахунком за кожний центнеровідсоток, а також чітке класифікування витрат на виробництво продукції.

На сьогодні завершується розробка програми розвитку бурякоцукрового виробництва України до 2025 року. Вона передбачає стабілізацію площ посівів цукрових буряків на рівні 1 млн га, збільшення валового виробництва сировини до 32 млн тонн, а цукру — до 3,5 млн тонн, з яких 1,3 млн тонн передбачено експортувати.

Одним із ключових шляхів підвищення економічної ефективності буряківництва є впровадження оптимальної спеціалізації та концентрації виробництва. Організаційно-економічні зміни, що відбуваються у процесі реформування аграрного сектора, включаючи бурякоцукровий комплекс, значно змінюють підходи до спеціалізації, концентрації та розміщення виробництва бурякової сировини.

Останніми роками запропоновано технології вирощування цукрових буряків, які враховують необхідне матеріально-технічне та ресурсне забезпечення, а також забезпечують своєчасне й якісне виконання всіх технологічних процесів. Ці технології дозволяють максимально реалізувати біологічний потенціал сучасних сортів і гібридів цукрових буряків [4, 13, 15].

Застосування таких технологій сприяє зниженню собівартості продукції на 20–30%. Проте їх ефективне виконання, що призводить до зменшення собівартості виробництва 1 ц цукрових буряків, можливе лише за умов оптимальної концентрації посівів.

Аналіз групування господарств Львівської області за розмірами посівних площ цукрових буряків показав, що собівартість продукції зменшується зі збільшенням розміру зайнятих під коренеплодами земель. Наприклад, у 2015 році в Стрийському районі середній розмір посівних площ цукрових буряків на одне господарство становив лише 76,8 га.

Частка господарств, де посівна площа цукрових буряків перевищує 300 га, склала лише 12% від загальної кількості об'єктів.

Таблиця 1.1 – Залежність економічної ефективності виробництва цукрових буряків від концентрації їх розміщення в господарствах Львівської області за 2023 рік

Групи господарств по розміру зібраної площі цукрових буряків, га	Кількість господарств у групі	Середня зібрана площа (га), на 1 господарство	Урожайність з 1 га, ц	Виробнича собівартість 1 ц (грн.)	Прямі затрати виробництва, люд./год. на 1 ц	Собівартість продукції з 1 га (грн.)
I до 100 га	32	76,8	246,88	57,749	0,82	2803
II від 101 до 200 га	24	146,4	273,70	54,524	0,92	2531
III від 201 до 300 га	10	278,5	358,75	47,902	0,86	2231
IV від 301 га	9	413,9	357,99	52,675	0,59	1952

З аналізу даних таблиці 1.1 видно, що найбільш ефективним рівнем виробництва та мінімізації собівартості 1 ц цукрових буряків характеризуються господарства третьої групи, де середня площа посівів становить 278,5 га.

На зменшення втрат цукру при зберіганні та переробці значно впливають оптимальні строки вилучення цукру [4, 13, 15].

Середній показник цукристості сировини, прийнятої цукровими заводами України, становив 17,8%. Для ілюстрації можна навести дані про динаміку зниження цукристості в різні періоди:

- 1975–1984 рр. – 17,4%;
- 1991–1995 рр. – 16,6%;
- 1995–2013 рр. – 16,9%;

- 2021 р. – 14,2%;
- 2022 р. – 16,3%;
- 2023 р. – 16,8%.

Середня цукристість сировини за 2013–2023 рр. у Львівській області становила 17,1%, тоді як середній показник по Україні був 15,6%.

Згідно з плановими показниками на 2023 рік, обсяг заготівлі цукрових буряків у заліковій масі з урахуванням втрат мав скласти 28,5 млн т, виробництво цукру-піску — 3425 тис. т, а плановий вихід цукру — 12,02%. Збільшення цукристості на 0,1% дозволило б підвищити вихід цукру до 12,12%, що відповідає $(28,5 \text{ млн т} \times 12,12\%)$ 3454 тис. т, тобто на 29 тис. т більше запланованого. При реалізації цього обсягу за середньою ціною додатковий дохід, з урахуванням витрат, склав би 92,8 млн грн $(29 \text{ тис. т} \times 3200 \text{ грн/т})$ [4, 13, 15].

Рекомендується запровадити наступні заходи:

1. Визначати базисну цукристість щорічно на основі середньої цукристості за три попередні роки для кожної зони, при цьому відповідальність за розрахунок має лежати на підприємствах цукрової промисловості.
2. Розраховувати надбавки або знижки за 1 центнеровідсоток виходячи із середніх закупівельних цін і базисної цукристості.
3. Установлювати діапазон базисної цукристості та шкалу для оплати з кроком у 0,05% (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Приблизна шкала оплати за цукрові буряки з урахуванням цукристості

Цукристість	Оплата за 1 т, з урахуванням ПДВ, грн.
16,86 – 16,90	655
16,91 – 16,95	657
16,96 – 17,00 – 17,05	660
17,06 – 17,10	663
17,11 – 17,15	665
17,16 – 17,20	668

Приймання цукрових буряків за вагою з урахуванням їх цукристості, на основі таблиці 1.2 та спрощеної методики розрахунку, сприятиме зниженню собівартості 1 ц готової продукції. Це також дозволить оперативно коригувати низку показників під час розрахунків за цукрові буряки, враховуючи щорічні зміни рівня їх цукристості.

В умовах ринкових відносин важливим фактором є точне визначення собівартості та формування рентабельності під час виробництва цукрових буряків.

1.2. Аналіз технічних засобів для збирання цукрових буряків

В Україні створені комплекси 6-рядних самохідних машин для роздільного збирання цукрових буряків, зокрема моделі БМ-6Б, МБП-6, КС-6Б, КС-6В, КБ-6, РКМ-6 (0,1-0,6), МКК-6 (0,2-0,7), КСБ-6 "Збруч" і буряконавантажувач СПС-4, 2Б. Також розроблено та виготовлено причіпні 4- і 6-рядні машини на ВАТ "Тернопільський комбайновий завод", які агрегатуються з тракторами ХТЗ-120/121 і ХТЗ-161/163 виробництва Харківського тракторного заводу.

Ці машини складні в налаштуванні робочих органів та освоєнні у виробництві, що призводить до зниження якості збирання, збільшення втрат врожаю та пошкодження коренеплодів у 3–4 рази порівняно з нормативами. Це негативно впливає на збирання врожаю, знижує технологічні якості сировини під час тривалого зберігання, спричиняє втрати цукру при переробці та збільшує питомі витрати на 20–30% [13, 15].

Роздільне збирання гички та коренеплодів за допомогою цих машин вимагає значної кількості транспортних засобів для забезпечення безперервності процесу. Це зумовлює перевитрати палива, знос техніки та переуцільнення ґрунту, особливо за умов дефіциту палива та зростання

вартості матеріально-технічних ресурсів у сучасному агропромисловому секторі України.

У відповідь на ці виклики було розроблено вітчизняні ресурсозберігаючі технології збирання цукрових буряків, зокрема бурякозбиральний комбайн КСБ-6 "Збруч". Він оснащений удосконаленими викопувальними і сепарувальними робочими органами, покращеною ходовою системою та бункером для коренеплодів. Також створено серію менш металомістких, дешевших, простих у налаштуванні та надійних бурякозбиральних машин напівначіпного типу, виконаних за блоково-модульним принципом. Вони обладнані робочими органами, що мінімізують втрати та пошкодження коренеплодів, і агрегатуються з тракторами тягових класів 1,4; 2,0 (типу МТЗ-80, ЮМЗ-80, Т-70С) та 3 (типу ХТЗ-120/121, ХТЗ-161/163).

Останнім часом ці трифазні машини виготовляють на ВАТ "Борекс" із використанням лемішно-коливальних копачів, а на "Уманьферммаш" застосовують пасивний сферичний диск, який встановлюють під певним кутом до напрямку руху. Це залежить від умов збору та робочої швидкості і поєднується з пасивною ложею.

Втрати маси коренеплодів, які залишаються невикопаними з ґрунту або на поверхні поля, у однофазних бурякозбиральних машинах становлять 0,1–0,5%. Однак у двох моделях ці втрати досягають 0,9–1,1% через неправильне налаштування обладнання.

Маса пошкоджених коренеплодів у системах викопування склала в середньому 2,5% [13, 15].

Щодо якості обрізання головок коренеплодів, рекомендується зменшити кількість низькообрізаних коренеплодів і збільшити частку високообрізаних. Це пов'язано із системою збору, яка передбачає зберігання коренеплодів у кагатах на краю поля протягом 6–8 днів. Після цього їх завантажують у транспорт за допомогою очищувачів-навантажувачів зі спіральними барабанами. Завдяки цим барабанам залишки листя, гички та

кореневищ відокремлюються і залишаються на полі, а очищені коренеплоди доставляють на цукровий завод.

Якість обрізання головок коренеплодів оцінюється за відсотком нормально обрізаних і високообрізаних коренеплодів. Для оцінки врожайності ці два показники доцільно розглядати у сумі, оскільки вони є основними критеріями якості роботи бурякозбиральних машин.

Середні сумарні значення цих показників становлять:

- для системи KRB2 – 84,3%;
- для KRB3 – 88,3%;
- для KRB6 – 82,8%;
- для двофазної системи KRB + LB – 86,9%.

Найкращими вважаються значення, які перевищують 90%.

Навантаження на осі бурякозбиральних машин протягом випробувань залишалось стабільним. Для агрегатів у транспортному положенні (з гичкозрізувальними та викопувальними механізмами) воно складало близько 12 т, а при повному бункері – до 20 т у KRB6 і LB.

На системах KRB-6 використовуються високовмістові шини з мінімальними розмірами 710/70R34 або 800/65R32. Для такого обладнання потрібне міжряддя шириною 50 см, що збільшує загальну ширину машини до 3 м, тому її використання потребує спеціальних рішень. Однак на практиці ці машини переважно експлуатуються на шинах мінімального розміру, що забезпечує оптимальну висоту перевантаження коренеплодів у магістральний транспорт [13, 15].

Зазначений вище аналіз свідчить, що всі системи збирання цукрових буряків досягли високого рівня технологічного розвитку та відповідають стандартам якості, встановленим Міжнародним інститутом цукрових буряків, за умови їх правильної налашки.

Якість обрізання головок коренеплодів перевищує 80% і в деяких випадках досягає 90%. Втрати маси коренеплодів під час викопування становлять лише 0,6%. У важких умовах викопування забрудненість

коренеплодів землею може досягати 7,7%, у середньому ж цей показник для всіх машин складає 10%.

Використання високооб'ємних шин сприяє мінімізації ущільнення ґрунту. Впровадження комп'ютерів і вдосконалених терміналів значно спрощує контроль технологічних процесів і покращує управління бурякозбиральними машинами.

Таким чином, при розробці конкурентоздатної вітчизняної широкозахватної бурякозбиральної техніки на базі машин КСБ-6 "Збруч", КБ-6, РКМ-6, оснащених прогресивними викопувальними та сепарувальними робочими органами, а також покращеною ходовою частиною, доцільно враховувати досвід закордонних виробників.

Зважаючи на те, що збирання цукрових буряків є найбільш трудомістким і енерговитратним процесом, наукові розробки Інституту цукрових буряків спільно з фахівцями Тернопільського і Дніпропетровського комбайнових заводів були спрямовані на створення викопувальних робочих органів, які забезпечують високу якість збирання в різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Останнім часом увагу зосереджено на альтернативному та менш капіталомісткому напрямі розвитку вітчизняних бурякозбиральних машин. Зокрема, розроблено конструктивно-технологічні схеми 6- і 12-рядних машин із механізмами, що дозволяють об'єднувати цукрові буряки з 30 і 36 рядків в один вал. Це усуває необхідність технологічного транспорту на полі, значно зменшує фізичну забрудненість маси коренеплодів.

Цей напрям включає створення простих, широкозахватних і економічних машин зі змінними викопувальними робочими органами, а також можливість застосування енергетичних засобів, таких як трактори ХТЗ-120/121 і ХТЗ-161/163, для виконання сезонних робіт протягом усього року [13, 15].

У зв'язку із закриттям значної кількості цукрових заводів і збільшенням кількості господарств з вирощування цукрового буряка,

розташованих на значній відстані від заводів, особливого значення набуває технологія укладання буряків із 30 або 36 рядків в один вал. Це дозволяє зберігати коренеплоди у польових кагатах і забезпечувати їх централізоване вивезення.

Для реалізації цієї технології доцільно створити на базі існуючих вітчизняних розробок самохідний навантажувальний бункер місткістю до 75 м³. Це стане оптимальним рішенням для двофазної технології, яка передбачає використання причіпних або самохідних бункерних підбирачів-очищувачів-навантажувачів для роботи як із валами, так і з кагатами. Такий підхід дозволяє суттєво зменшити фізичне забруднення коренеплодів (практично вдвічі) і знизити пікове навантаження на транспортні роботи восени (у вересні-жовтні).

Впровадження цієї концепції розвитку вітчизняної бурякозбиральної техніки з урахуванням досвіду закордонних компаній сприятиме:

- більш ефективному та масштабному застосуванню енергоресурсозберігаючих технологій у вирощуванні та збиранні цукрового буряка;
- поступовому підвищенню технічного та експлуатаційно-технологічного рівня вітчизняної бурякозбиральної техніки;
- удосконаленню технології її виробництва;
- створенню необхідного парку машин.

Це забезпечить наших комбайнерів і механізаторів надійними та довговічними машинами, що мають знижені енерго- та матеріаловитрати у виробництві цукрової сировини.

1.3. Біологічні особливості досягання цукрових буряків в часі

Цукрові буряки історично пристосовані до вирощування в районах із достатньо високою відносною вологістю повітря. Рослини погано

розвиваються за відсутності опадів у березні та квітні. Період появи сходів потребує теплого клімату з помірними опадами, перша половина літа має бути прохолодною та дощовою, а в другій половині повинна переважати тепла і помірно-суха погода. За весь вегетаційний період з поверхні ґрунту, зайнятого цукровими буряками, випаровується не більше 25–30% від обсягу води, яку випаровують самі рослини [13, 15].

В основних районах бурякосіяння кількість опадів недостатня навіть для формування середнього врожаю. Тому волога, накопичена в ґрунті протягом осінньо-зимового періоду, є важливим резервом для використання її під час інтенсивного росту листя та коренеплодів.

Коефіцієнт транспірації коливається в межах 240–400. Для формування 1 г сирої маси коренеплоду рослина використовує 70–80 см³ води, а для створення 1 г цукру потрібно 450–500 г води. При врожайності 400–500 ц/га на один гектар витрачається близько 5000 м³ води. Найвищий урожай досягається при вологості ґрунту на рівні 60–80% найменшої вологості (НВ). Критичним періодом для цукрових буряків щодо забезпечення вологою є кінець липня — початок серпня.

Надлишок води наприкінці вегетаційного періоду призводить до зниження цукристості коренеплодів. Максимальний вихід цукру з 1 га спостерігається при вологості ґрунту близько 60% НВ.

Енергетичною основою процесу вирощування є сонячна радіація, яка визначається кількістю фотосинтетично активної радіації (ФАР) за вегетаційний період.

ФАР – це частина сонячного випромінювання з довжиною хвиль 0,38–0,71 мкм, яка використовується рослинами в процесі фотосинтезу. Для накопичення цукру листя цукрових буряків найбільш активно поглинають синьо-фіолетові промені (0,40–0,48 мкм), тоді як для росту вегетативної маси найважливішими є оранжево-червоні промені (0,65–0,69 мкм).

У другій половині вегетаційного періоду цукрових буряків у районах із достатнім зволоженням основним фактором для накопичення цукру в

коренеплодах є освітлення, а на другому місці – температура повітря. У районах із нестійким або недостатнім зволоженням перше місце займає вологозабезпеченість. Ефективність світла і тепла залежить від рівня забезпеченості рослин вологою та поживними елементами.

Тепловий режим відіграє важливу роль у зростанні рослин і продуктивності цукрових буряків. Потреба рослин у теплі протягом періоду від сівби до технічної стиглості визначається сумою активних температур у межах 2300–3000 °С.

Цукрові буряки для формування врожаю споживають значну кількість поживних речовин. Для утворення 1 т коренеплодів та відповідної кількості гички з ґрунту виноситься:

- азот (N) — 50–60 кг,
- фосфор (P₂O₅) — 15–20 кг,
- калій (K₂O) — 55–75 кг.

Крім того, рослини виносять із ґрунту значну кількість кальцію, магнію, сірки, марганцю, бору та інших елементів [9, 13, 15].

Оптимальний вміст обмінного кальцію у ґрунті для цукрових буряків становить 60–70% ємності поглинання, магнію — 10–15%, а калію — 3,5%.

Найкращими ґрунтами для вирощування цукрових буряків є:

- чорноземи типові малогумусні середньосуглинкові,
- чорноземи опідзолені середньосуглинкові,
- чорноземи лучні,
- лучно-чорноземні,
- темно-сірі опідзолені середньосуглинкові ґрунти.

Менш придатними є світло-сірі та сірі опідзолені середньосуглинкові ґрунти. Оптимальна кислотність ґрунтів для вирощування цукрових буряків становить рН 6,0–7,0, а об'ємна маса ґрунту — 1,0–1,2 г/см³.

Найкраще співвідношення води та повітря в ґрунті для цукрових буряків — 1:1. Оптимальна повітроємність (некапілярна пористість) ґрунту становить 12–20%.

Цукровий буряк є досить вимогливим до вологи, починаючи з перших днів свого розвитку. Для бубнявіння та проростання насіння рослина поглинає 150–170% води від маси насінневого клубочка. При цьому цукровий буряк економно використовує воду, маючи транспіраційний коефіцієнт у межах 240–400. Однак загальна витрата води з 1 га є значною через формування великої кількості сухої органічної маси врожаю.

Для утворення 1 тонни коренеплодів і такої ж кількості гички за врожайності 40–50 т/га витрачається близько 80 т води.

Найбільші витрати води припадають на період інтенсивного росту коренеплодів у липні-серпні. Якщо розділити вегетаційний період на три етапи, то співвідношення випаруваної вологи буде таким: 1:9:3. Оптимальна вологість ґрунту для цукрових буряків становить 60–80% найменшої вологоємності (НВ).

Порівняно з іншими культурами, цукровий буряк демонструє відносно менше зниження врожайності у посушливих умовах. Це пояснюється добре розвиненою стрижневою кореневою системою, яка проникає на глибину до 2,5 м. Завдяки здатності використовувати вологу з глибоких шарів ґрунту, рослина може витримувати тривалі періоди без опадів і ефективно використовувати вологу від пізніх літніх дощів.

Висновки до розділу 1

1. Враховуючи ґрунтово-кліматичні ресурси Стрийського регіону, можна стверджувати, що умови для вирощування цукрових буряків та виробництва цукру тут є досить сприятливими. Незважаючи на те, що площі під посіви цукрових буряків займають лише 3–4%, цей сектор забезпечує значний прибуток для держави, який становить близько 17% від реалізації продукції.

2. Останніми роками, через низку причин, таких як скорочення посівних площ і втрата ринків збуту цукру, обсяги збору врожаю цукрових буряків суттєво знизилися. Проте, незважаючи на ці труднощі, виробництво цукрових буряків продовжує розвиватися. Це вимагає вирішення питань, пов'язаних із покращенням процесів виробництва та розширенням ринків збуту сировини.

3. Біологічні особливості дозрівання цукрових буряків залежать від кількості опадів, сонячної радіації (визначеної сумою фотосинтетично активної радіації, ФАР), температурного режиму повітря та відповідної біологічної структури ґрунтів під час їх вегетаційного періоду.

2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

2.1. Аналіз технології збирання цукрових буряків

Збирання цукрових буряків найбільш ефективно проводити в період технічної стиглості, яка настає наприкінці вересня — у першій декаді жовтня. У цей час маса коренеплодів і вміст цукру досягають максимуму, чистота соку є високою, а кількість мелясоутворюючих речовин мінімальною.

Терміни збирання також залежать від технічних можливостей господарств, які мають забезпечити завершення робіт до 25 жовтня. У вересні цукрові заводи повинні мати триденний запас коренеплодів для безперебійної роботи.

Восени рослини буряків здатні переносити тимчасові заморозки до -5°C , але зібрані та некриті коренеплоди пошкоджуються вже при температурі -2°C [13, 15].

Активний ріст і накопичення цукру в коренеплодах тривають доти, доки середньодобова температура не знижується нижче $+6^{\circ}\text{C}$. Природно обумовлена тривалість періоду збирання цукрових буряків визначається інтервалом часу від зниження середньодобової температури нижче $+6^{\circ}\text{C}$ до завершення фізичної стиглості ґрунту (рис. 2.1). Однак ймовірність заморозків уже виникає на початку жовтня (P_i).

Зважаючи на це, немає сенсу чекати повного припинення росту буряків. Збирання розпочинають, коли добовий приріст маси коренеплодів сповільнюється і стає порівняно незначним.

За 10–15 днів до початку збирання проводять розпушування ґрунту на глибину 10–12 см.

Процес збирання цукрових буряків починають, коли значно зменшується приріст маси коренеплодів і їх цукристість. Однією з видимих ознак цього є розмикання рядків, що викликане значним відмиранням листя.

Найбільш оптимальним часом для збирання коренеплодів є кінець вересня — жовтень, оскільки в цей період, особливо в серпні та вересні, у Лісостепу України відбувається найбільше накопичення цукру (до 0,1% на добу).

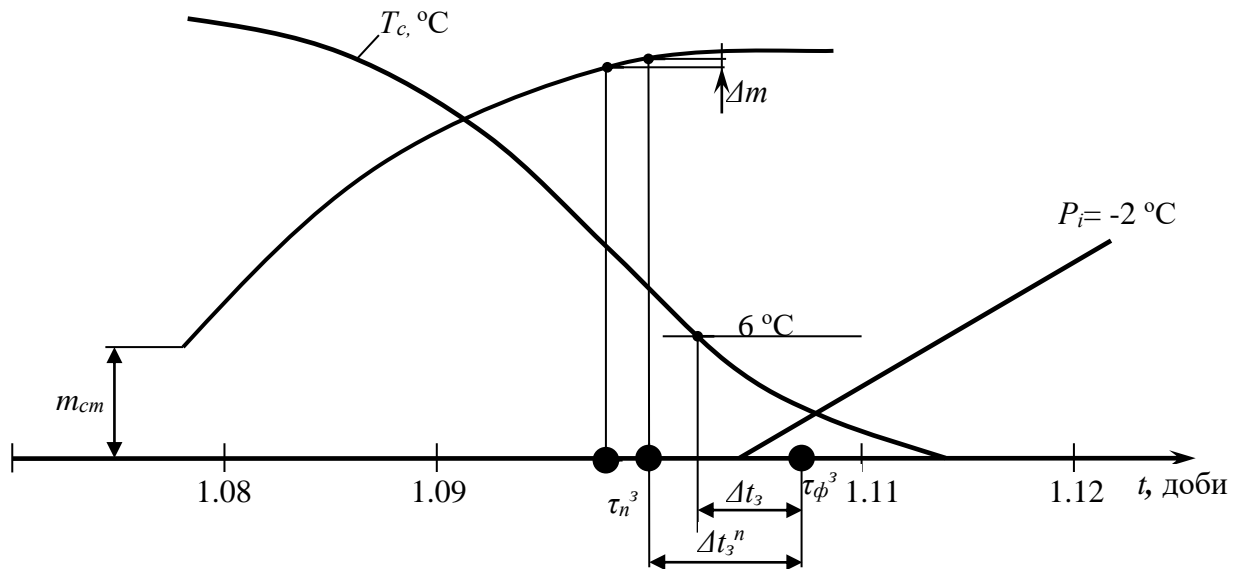


Рисунок 2.1 – Умови формування термінів збиральних робіт: τ_{ϕ}^3 - час завершення фізичної стиглості ґрунту в осінній період; t_3^n - час початку збирання цукрових буряків; T_c - середньодобова температура повітря, °C; Δm - приріст маси кореня цукрових буряків на полі; P_i - ймовірність виникнення заморозків впродовж осіннього періоду до -2 °C; Δt_3^n - тривалість потенційного періоду збирання цукрових буряків; Δt_3 - природно зумовлена тривалість періоду збирання цукрових буряків; m_{cm} - стартова маса кореня на початок періоду дослідження – 29.07.

Збирання розпочинають зі зрізування гички за допомогою гичкозбиральної машини БМ-6А. Викопування коренеплодів здійснюють коренезбиральними комбайнами, такими як КСБ-6 «Збруч», КС-6, РКС-1.

Процес збирання вважається успішним, якщо він проведений у оптимальні строки, коли коренеплоди мають найбільшу масу і цукристість, а

втрати врожаю, пошкодження коренеплодів та їх забрудненість є мінімальними.

Наростання маси коренеплодів і підвищення їх цукристості триває у вересні, жовтні, а за теплої погоди – навіть у листопаді. Раннє збирання знижує вихід цукру з гектара, тоді як пізнє може спричинити втрати врожаю через несприятливі погодні умови, такі як тривалі дощі, сніг або морози. У вересні врожайність збільшується на 15–30%, а цукристість – на 1,4–1,7%.

Терміни збирання коренеплодів встановлюють залежно від площі посівів та наявності технічних засобів, розраховуючи завершення робіт до кінця жовтня.

Для збирання цукрових буряків використовують комплекс шестирядних машин роздільного збирання. Це включає причіпну гичкозбиральну машину БМ-6А та самохідні коренезбиральні машини, такі як КС-6, РКС-6, РКМ-64, КСБ-6 «Збруч». Для завантаження буряків із кагатів застосовують навантажувачі СНТ-2ДБ або СПС-4,2А.

У процесі збирання використовуються два основні методи: потоковий і потоково-перевалочний [13, 15].

Залежно від погодних, агротехнічних та організаційних умов при збиранні цукрових буряків використовують три основні способи: потоковий, потоково-перевалочний і перевалочний. Основним є потоковий спосіб, для реалізації якого застосовують бурякові комплекси як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Потоковий спосіб передбачає пряме відвантаження зібраних коренеплодів на транспорт. У разі використання потоково-перевалочного способу частину коренеплодів тимчасово зберігають на полі, а потім перевозять на приймальні пункти або цукрові заводи у зручний час.

Під час збирання верхня частина коренеплодів разом із черешками гички зрізається. Якщо зрізається 1 см шийки коренеплода, втрати врожаю становлять 5–7%. У разі зрізання 3 см втрати зростають до 20–27%. Рівномірне зрізання гички можливе лише за умови добре вирівняного ґрунту

перед сівбою, однакової глибини загортання насіння та рівномірного розташування рослин у рядку.

Викопувальні робочі органи коренезбиральних машин мають бути налаштовані таким чином, щоб уникнути пошкодження коренеплодів. Втрати врожаю також можуть виникати через обламання хвостиків. Якщо у ґрунті залишаються хвостики довжиною 3,5 см, втрати врожаю складають 5–6%. При довжині хвостиків 5 см втрати зростають до 10–12%.

Гичку використовують як зелений корм для худоби, силосують або залишають на полі для сидерального добрива.

2.2. Теоретичні передумови формування показників ефективності бурякозбирального процесу

У цукрових буряків немає чітких показників стиглості, але їх можна вважати готовими до збирання, коли протягом кількох днів витрата енергії перевищує утворення нових запасних речовин у процесі асиміляції. У здорових рослин це відбувається пізньої осені [13, 19, 20, 26].

Якщо гичка буряків відмирає через заморозки, посуху або ураження грибними хворобами, врожай слід зібрати до відростання нових листків, які формуються за рахунок енергетичних запасів коренеплодів. Для отримання гички на корм обирають більш ранні терміни збирання. Процес збирання необхідно провести у строки, які забезпечать мінімальні втрати під час механізованого збирання та зберігання.

За оптимальних умов втрати під час механізованого збирання складають близько 5%. Однак за несприятливих погодних або ґрунтових умов вони можуть досягати 20% і більше. Вологий ґрунт спричиняє сильніше забруднення коренеплодів і гички, а процес відокремлення земляних домішок стає менш ефективним.

На визначення строків збирання впливають такі фактори, як потужність збиральної техніки, прохідність полів та продуктивність цукрового заводу. Збирання необхідно завершити до настання заморозків.

При плануванні строків збирання важливо враховувати можливі втрати цукру через недобір у разі раннього збирання, а також втрати під час зберігання коренеплодів.

Втрати при збиранні цукрових буряків є більшими, ніж у багатьох інших сільськогосподарських культур, і залежать від таких чинників, як місце вирощування, сорт, погодні умови тощо. Для їх зниження необхідно впроваджувати комплекс заходів, спрямованих на оптимізацію збирання та зберігання.

Пізні строки збирання цукрових буряків можуть призвести до підвищення вологості ґрунту. У надмірно сухих умовах або за поганої структури ґрунту зростає ризик обламування хвостиків коренеплодів. У обох випадках необхідно знижувати швидкість руху агрегату. Якщо ґрунт вологий, слід зменшити глибину ходу робочих органів до 6–8 см, тоді як у сухих умовах її доцільно збільшити до 10 см. У цьому випадку особливо важливим є точне налаштування ріжучого краю високоточних робочих органів.

Ефективним рішенням є двофазне одночасне збирання буряків. Важливу роль відіграє правильна установка і регулювання збиральної техніки відповідно до рекомендацій фірм-виробників, які враховують режими роботи за різних умов [1, 9, 13, 15].

Під час збирання цукрових буряків можуть виникати різні фактори, що негативно впливають на процес. Їх можна класифікувати як:

1. Внутрішньосистемні;
2. Зовнішньосистемні;
3. Міжсистемні.

До внутрішньосистемних причин належать такі групи:

1. *Агрометеорологічні фактори:*

- Заморозки, які пошкоджують коренеплоди;
- Зниження середньодобової температури нижче $+6^{\circ}\text{C}$ восени, що уповільнює приріст маси коренів і вимагає проведення збирання;
- Дощі, які призупиняють роботу комбайнів і знижують їх сезонну продуктивність.

2. *Предметно-виробничі фактори:*

- Варіабельність біологічної врожайності буряків на полях протягом років;
- Календарні відмінності у темпах приросту маси коренів;
- Стохастичність потоку вимог до виконання робіт, включаючи кількість замовлень, площу полів, їх конфігурацію та ухил.

Ці фактори вимагають ретельного аналізу та врахування при плануванні збирання буряків, щоб мінімізувати вплив несприятливих умов та підвищити ефективність процесу.

Технологічно-технічна група причин виникає через стохастичний характер технічних і технологічних відмов комбайнів та обслуговуючого транспорту. Вибір технології збирання цукрових буряків визначає кількість і типи машинних агрегатів, що беруть участь у процесі. Чим більше технологічно пов'язаних машин задіяно, тим вища ймовірність простою через технічні причини.

Управлінська група причин стосується виробничо-технологічних проблем (ВТП), пов'язаних із формуванням сезонної програми роботи комбайнів, зокрема з кількістю полів, їх розташуванням, відстанями для переїздів тощо. До цієї групи також належать питання управління обслуговуванням сезонного потоку вимог на використання техніки. Крім того, важливим є вплив тактичних рішень виконавців, спрямованих на забезпечення максимальної продуктивності механізованого виконання робіт.

Ресурсно-інформаційна група причин охоплює соціальні фактори, такі як хвороби працівників або обмеження тривалості їхньої безперервної роботи протягом зміни. Інформаційні причини включають затримки в надходженні

даних про потребу у виконанні бурякозбиральних робіт, усунення технічних і технологічних відмов, зайнятість комбайнів, автомобілів і виконавців у системі централізованого збирання цукрових буряків (СЦЗБ).

Зовнішньосистемні причини ВТП у СЦЗБ пов'язані з флуктуаціями в роботі транспортно-заготівельної інфраструктури (ТЗІ), таких як бурякозбиральні пункти (БП) або підсистеми технічного обслуговування та ремонту, а також інші забезпечувальні підсистеми.

Міжсистемні причини ВТП виникають через необхідність узгодження стратегічного управління між двома системами — СЦЗБ і ТЗІ, з урахуванням їхнього стану на заданий момент часу. Оскільки ефективне функціонування цих систем потребує інформаційно-аналітичного обґрунтування, виникають міжсистемні причини, які впливають на узгодженість і результативність їхньої діяльності.

2.3. Функція мети механізованого процесу збирання цукрових буряків

На основі результатів комп'ютерних експериментів, проведених за вартісним критерієм, яким є питомі сукупні витрати коштів (E), можна оцінити ефективність процесу збирання цукрових буряків [15, 21, 22, 23]. Оптимальним показником сезонної площі (S_p^{opt}) для бурякозбирального комбайна вважається такий, за якого значення E є мінімальним.

$$\Phi[(\{S_p\})^{opt}] = E \rightarrow \min. \quad (2.1)$$

Питомі сукупні витрати коштів на реалізацію процесу складаються з питомих експлуатаційних витрат (B_{mi}), які виникають під час виконання процесу, та питомих втрат (B_{ml}) врожаю культури, що спричинені несвоєчасним збиранням:

$$E = B_{TH} + B_{TL}. \quad (2.2)$$

Питомі експлуатаційні витрати ($B_{\text{тн}}$) на використання технологічної операції визначають [32]

$$B_{\text{тн}} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (2.3)$$

де C_1 – оплата праці комбайнера, грн/га; C_2 – вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га; C_3 – відрахування на амортизацію комбайна, грн/га; C_4 – відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн/га.

Відповідно до обсягу фактично виконаних робіт агрегатом питомі витрати коштів на оплату праці оператора, приведені до одиниці площі ріллі, визначають шляхом ділення загальних витрат на оплату праці оператора за виконаний обсяг робіт на площу обробленої ріллі:

$$C_1 = \frac{(m_1\Pi_1 + m_2\Pi_2 + \dots + m_n\Pi_n)}{W^{\text{год}}}, \quad (2.4)$$

де $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ – оплата праці за годинну норму виробітку робітника кожної кваліфікації, грн./год; m_1, m_2, \dots, m_n – кількість робітників, які обслуговують агрегат окремо для кожної кваліфікації (розряду); $W^{\text{год}}$ – годинна продуктивність машини, га/год.

Вартість паливо-мастильних матеріалів визначається за формулою

$$C_2 = C_k \cdot Q, \quad (2.5)$$

де Q – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/га; C_k – комплексна ціна одного кілограма палива, грн/кг.

Відрахування на амортизацію:

$$C_3 = \frac{B \cdot n \cdot a}{100 \cdot S_{\phi}}, \quad (2.6)$$

де n – кількість машин; B – балансова вартість машини, грн; a – норма відрахувань на амортизацію, %.

Коефіцієнт k_r демонструє співвідношення між фактично виконаним обсягом робіт та запланованим річним навантаженням [2, 15, 19]:

$$k = \frac{S}{T_r}. \quad (2.7)$$

Відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування:

$$C_4 = \frac{B \cdot n \cdot p \cdot k}{100 \cdot W^{200} \cdot T}, \quad (2.8)$$

де p_i - норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування комбайна, %; T_r - нормативне річне завантаження комбайна, год.

Вартісна оцінка втрат врожаю ($B_{\text{тл}}$) культури виконується за формулою [25]

$$B_{\text{тл}} = U \cdot S_\gamma \cdot V, \quad (2.9)$$

де S – несвоєчасно оброблена площа, га; U – максимальна врожайність, ц/га; V – ринкова вартість культури, грн/ц.

З використанням наведених вище формул для розрахунку експлуатаційних витрат у процесі збирання буряків можливо провести оцінку ефективності впровадження технологічної системи централізованого збирання цукрових буряків.

Висновки до розділу 2

1. Врахування специфічних характеристик процесу централізованого збирання цукрових буряків створює підґрунтя для розробки відповідних моделей аналізу бурякозбирального процесу. На основі цих моделей можливо обґрунтувати чіткі рекомендації для сільськогосподарських підприємств щодо впровадження оптимальних систем.

2. Строки збирання цукрових буряків залежать від технічних можливостей господарств, що повинні забезпечити завершення збирання до 25 жовтня. Активний період росту та накопичення цукру у буряках триває до моменту, коли середньодобова температура опускається нижче $+6^{\circ}\text{C}$. Найефективніше збирання забезпечується комплексом машин для роздільного збирання з використанням потокового або потоково-перевалочного методів.

3. Втрати при збиранні цукрових буряків є значними порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами. Причини втрат можуть включати несвоєчасність збирання та несприятливі погодні умови, що призводять до замерзання врожаю, негативно впливаючи на ефективність бурякозбирального процесу.

4. Для оцінки ефективності впровадження системи централізованого збирання цукрових буряків необхідно проаналізувати експлуатаційні витрати на виконання механізованих робіт і втрати, пов'язані з несвоєчасним виконанням цих робіт. Такий підхід дозволяє розробляти організаційно-технологічні рекомендації для підвищення ефективності управління технологічною системою централізованого збирання буряків.

3. МЕТОДИКА ЗБОРУ ТА ОПРАЦЮВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ

3.1. Загальна програма досліджень

Загальна методика та програма досліджень включала такі етапи:

1. Проведення аналізу стану виробництва цукрових буряків у країні.
2. Дослідження наявних технічних засобів для збирання цукрових буряків.
3. Аналіз методів та моделей дослідження механізованих процесів у рільництві.
4. Вивчення сучасних технологій збирання цукрових буряків.
5. Оцінка передумов формування показників ефективності бурякозбирального процесу.
6. Розробка методики збору та систематизації даних, отриманих від метеорологічної станції.
7. Формування бази початкових даних для проведення комп'ютерного моделювання.
8. Виконання графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків.
9. Оцінка експлуатаційних витрат і втрат врожаю, спричинених несвоєчасним збиранням культури.

Ця програма спрямована на комплексний підхід до дослідження, що дозволяє обґрунтувати ефективні технологічні рішення для збирання цукрових буряків.

3.2. Методика збору та систематизації результатів спостережень метеорологічної станції

У процесі аналізу механізованого збирання цукрових буряків було визначено, що природно допустима тривалість цього процесу може бути описана такими характеристиками [1, 19, 21]:

- 1) тривалістю погожих (t_{nn}) та непогожих (t_{nn}) проміжків, діб;
- 2) час завершення фізичної стиглості ґрунту в осінній період;
- 3) ймовірністю виникнення заморозків P_i ;
- 4) температурний режим повітря та ґрунту;
- б) початкова маса кореня, m , гр./добу;
- б) приріст маси кореня, Δm , гр./добу

Кількісні показники зазначених характеристик визначалися на основі даних Стрийської метеорологічної станції, розташованої в м. Стрий Львівської області. Для цього використовувалась інформація з щоденних спостережень (ТСХ-1), яка включала дані про атмосферні явища (опади тощо), рівень зволоження верхнього шару ґрунту (0-2 см, 2-10 см), температурний режим повітря і ґрунту, а також календарні терміни початку фенологічних фаз розвитку основних сільськогосподарських культур. На основі цієї інформації формувалася база вихідних даних для визначення зазначених закономірностей.

За результатами спостережень щодо маси кореня на початок фізичної стиглості цукрових буряків було складено таблицю 3.1, яка містить дані про початкову масу кореня станом на початок серпня за період з 1985 до 2023 року.

Крім того, на основі щоденних даних про опади, температуру та зволоження верхніх шарів ґрунту (0-2 см; 2-10 см) в осінній період досліджували закономірності змін цих показників упродовж календарного часу, починаючи з 1 вересня, за окремі роки періоду з 1993 до 2023 року.

Протягом окремого року можливе чергування погожих і непогожих проміжків часу, а їх кількісні показники слугують основою для формування репрезентативних вибірок емпіричних даних, необхідних для оцінки статистичних характеристик випадкових величин.

Поява t_{nn} спричиняє призупинення польових робіт, що призводить до зниження продуктивності бурякозбирального комбайна.

Момент початку непогожого проміжку в сезоні робіт визначали (у період 1950-1970 рр.) на основі даних щоденних спостережень за атмосферними явищами (форми ТСХ-1, КМ-1) [14, 17].

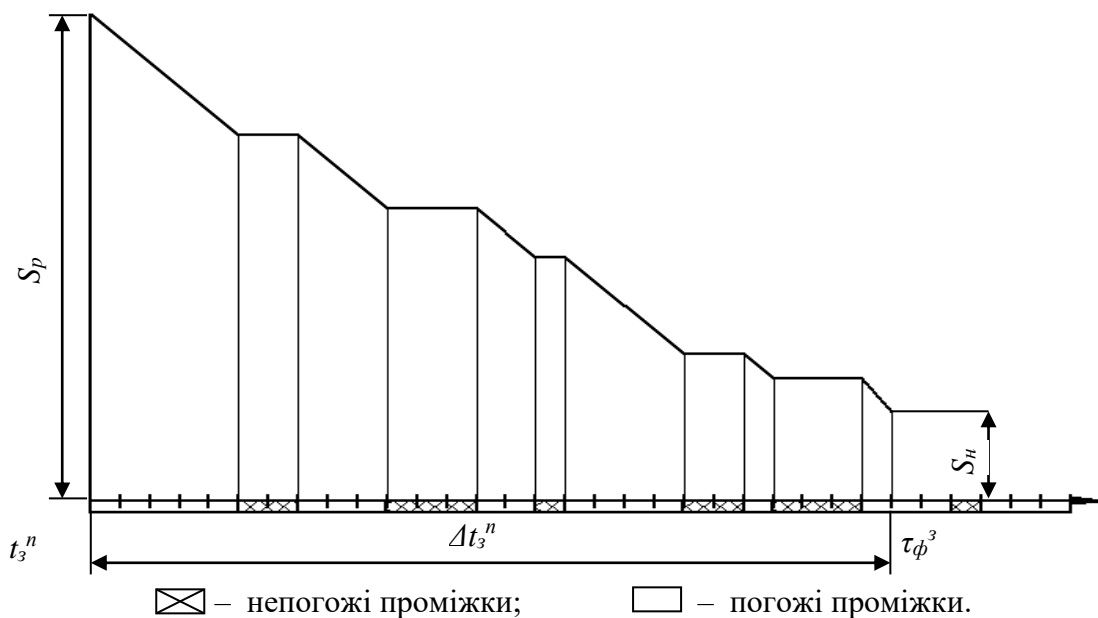


Рисунок 3.1 – Графічне відображення механізованого процесу збирання цукрових буряків: Δt_3^n – тривалість потенційного періоду збирання цукрових буряків; S_p – обсяг робіт, га; τ_{ϕ}^3 – час завершення фізичної стиглості ґрунту в осінній період; S_n – обсяг несвоєчасно оброблених площ; t_3^n – час початку збирання цукрових буряків.

На основі даних гідрометеостанції щодо ймовірності виникнення заморозків на поверхні ґрунту, що призводять до припинення приросту маси кореня цукрових буряків та зниження їхньої цукристості, було складено таблицю, яка відображає дати та відповідні показники температури.

Наприклад, 28 вересня 1985 року було зафіксовано заморожок із температурою -2°C . Подібні дані представлені в таблиці 3.3, яка охоплює період з 1985 по 2023 роки.

Таблиця 3.3 – Ймовірність виникнення заморозків на поверхні ґрунту

Рік	День п/п	Число	Темп.
1985	270	28 вересня	-2
1986	311	8 листопад	
1987	275	3 жовтня	
1988	305	2 листопада	
1989	299	27 жовтня	
...			
2019	299	13 жовтня	-2
2020	285	27 жовтня	
2021	272	30 вересня	
2022	290	18 жовтня	
2023	295	23 жовтня	

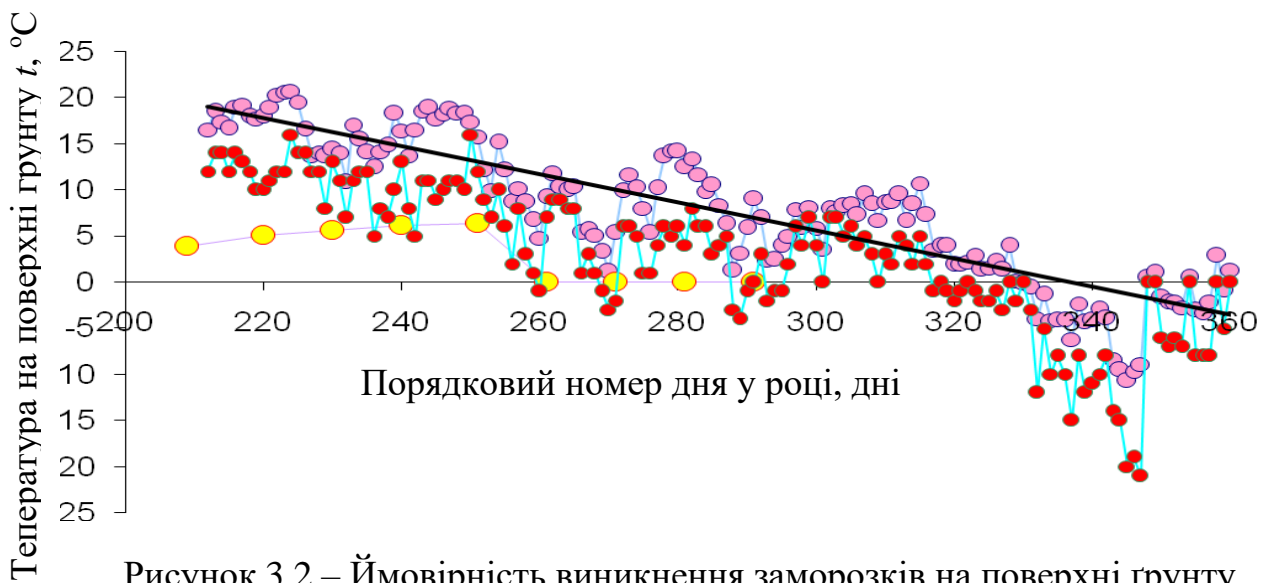


Рисунок 3.2 – Ймовірність виникнення заморозків на поверхні ґрунту

Строк завершення збирання цукрових буряків визначається на основі двох ключових показників: досягнення фізіологічної стиглості ґрунту та ймовірності появи першого заморозку (-2°C). Відповідно до даних метеорологічної станції за період 1985–2023 рр. були отримані результати, які представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Умови формування строку закінчення збирання

	Роки							
	1985	1986	1987	1988	...	2021	2022	2023
Завершення фізіологічної стиглості ґрунту	09.Лис	13.Жов	10. Лис	23. Лис	...	08.Лис	01.Гр	20.Жов
Заморозок (-2°C)	21.Лис	12.Жов	08.Жов	07.Жов	...	13.Жов	28.Жов	21.Жов

На основі даних метеорологічної станції було складено таблицю 3.5, у якій відображено температурний режим повітря та ґрунту в період з 1 серпня до 6 грудня за роки з 1985 по 2023.

Таблиця 3.5 – Температурний режим повітря та ґрунту

Роки	Дата проведення спостереження						
	01.08	02.08	03.08	:	04.12	05.12	06.12
1985	17,4	18,2	16,1		337	338	339
1986	19,4	21,8	18,5		10,4	7,95	7,1
1987	19,2	17,4	16,4		-0,95	-2	-1,45
1988	20,4	22,3	19,2		3,05	4,25	3,55
...				
2020	23,3	21,5	24		5,55	6	4,6
2021	18,15	14,9	17,5		3,5	2,95	2,75
2022	24,45	24,25	24,8		-3,3	-0,7	3,8
2023	18,6	18,65	18,95		-3,2	-6,65	-7,2

На основі спостережень за розвитком цукрових буряків у літньо-осінній період, зокрема за приростом маси кореня у такі дати: 29 липня, 9 серпня, 19 серпня, 29 серпня, 9 вересня, 19 вересня, 29 вересня, 10 жовтня, 19 жовтня, за період 1985–2023 рр., було складено таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Значення приросту маси кореня цукрових буряків

Роки	Дата проведення спостереження								
	Липень	Серпень			Вересень			Жовтень	
	29	09	19	29	09	19	29	09	19
1985	337	372	435	535	665	737	794		
1986	264	349	449	565	647				
...									
2021	151	187	216	250	272	287	300		
2022	119	150	189	221	278	359	434		
2023	213	238	288	383	478	559	645	762	

Природно допустима тривалість збирання цукрових буряків визначається інтервалом між моментом припинення росту кореня та сукупним показником завершення фізіологічної стиглості ґрунту й імовірності виникнення заморозків. Таким чином, потенційний період збирання цукрових буряків знаходиться в межах між моментами t_3^n та τ_ϕ^3 .

Відповідно до розробленого методу дослідження, для оцінки природно допустимої тривалості збирання формуються варіаційні ряди емпіричних даних за відповідними показниками [5, 10]. Методами математичної статистики встановлюються закономірності цих показників та визначаються оцінки їхніх статистичних характеристик.

Аналіз природно допустимої тривалості збирання цукрових буряків, приросту маси кореня, розподілу погожих і непогожих днів, а також аналітична оцінка їхніх характеристик виконувалися з використанням персонального комп'ютера та програмного середовища Excel.

3.3. Методика математичного опрацювання статистичних даних

Явища і процеси, що відбуваються у механізованому виробництві сільськогосподарської продукції досить часто є випадкового характеру за їхніми кількісними характеристиками отримують емпіричні дані. Математичне опрацювання таких даних здійснюють за певними методами, які обґрунтовують на підставі теорії ймовірностей і математичної статистики.

Емпіричні розподіли узгоджують з теоретичними за спеціально розробленими в теорії статистичними критеріями [5, 10, 11, 24].

Приведемо приклад методики розрахунку статистичних характеристик емпіричних величин.

Дані емпіричного ряду розташувати у порядку зростання і таким чином сформулювати варіаційний ряд:

$$Y_1 < Y_2 < \dots < Y_N. \quad (3.1)$$

Варіаційний ряд розділити на k інтервалів. Число інтервалів визначити за формулою:

$$k = 1 + 3,32 \lg N, \quad (3.2)$$

де N - число дослідів (обсяги вибірки).

Крок інтервалу розрахувати за формулою:

$$\Delta Y = \frac{Y_N - Y_1}{k}, \quad (3.3)$$

Коефіцієнт варіації

$$v = \frac{\delta}{Y_c}; \quad (3.4)$$

$$v = \frac{\delta}{Y_c - Y_{3M}}; \quad (3.5)$$

де Y_{3M} - зміщення зони розкиду випадкової величини Y відносно нуля.

Побудувати табл. 3.1. для розрахунку статистичних характеристик.

Оцінку коефіцієнта варіації за формулою (3.5) розраховують, якщо зона розкиду значень показника Y має зміщення відносно нуля. За умови, що Y_1 варіаційного ряду не є помилковим (належить вибірці), вважають:

$$Y_{3M} = Y_1.$$

Перевірка крайніх значень варіаційного ряду на належність їх вибірці. Перше Y_1 і остання Y_N значення варіаційного ряду перевірити на належність їх вибірці (чи не є вони помилковими) за критерієм Ірвіна [5, 10, 11, 24]:

$$\lambda_{d1} = \frac{1}{\delta}(Y_2 - Y_1); \quad (3.6)$$

$$\lambda_{dN} = \frac{1}{\delta}(Y_N - Y_{N-1}). \quad (3.7)$$

Таблиця 3.7 – Розрахунок статистичних характеристик

з/п	Показник	N інтервалу				
		1	2	...	k-1	k
	Інтервал $Y_i^H \dots Y_i^B$	$Y_1^H \dots Y_1^B$	$Y_2^H \dots Y_2^B$...	$Y_{k-1}^H \dots Y_{k-1}^B$	$Y_k^H \dots Y_k^B$
	Середина інтервалу, Y_i	Y_1	Y_2	...	Y_{k-1}	Y_k
	Частота, m_i	m_1	m_2	...	m_{k-1}	m_k
	Емпірична частість, $P_i = \frac{m_i}{N}$	P_1	P_2	...	P_{k-1}	P_k
	$Y_i * P_i$	$Y_1 * P_1$	$Y_2 * P_2$...	$Y_{k-1} * P_{k-1}$	$Y_k * P_k$
	$(Y_i - Y_c)^2 * P_i$	$(Y_1 - Y_c)^2 * P_1$	$(Y_2 - Y_c)^2 * P_2$...	$(Y_{k-1} - Y_c)^2 * P_{k-1}$	$(Y_k - Y_c)^2 * P_k$

Розрахункові значення порівняти із табличними для заданої ймовірності ($0,95 < \alpha < 0,99$) і кількості дослідів N . Якщо отримують $\lambda_d \leq \lambda_T$, то вважають, що крайнє значення не є помилковим. В іншому разі його вилучають із варіаційного ряду і повторюють розрахунок статистичних характеристик. Перевірка величини вибірки для нормального розподілу.

За умови значних витрат коштів і часу на виконання окремих дослідів (для визначення кожного значення Y) важливо здійснити їх таку кількість,

яка була б достатньою для оцінки статистичних характеристик [5, 10, 11, 24]. Здебільшого число N_d дослідів для нормального розподілу визначають на підставі гарантування того, що відносна похибка (δ) оцінки математичного сподівання з заданою довірчою ймовірністю ($\alpha = 0,8..0,95$) не перевищує 10-20%:

$$N_d = \frac{v^2 t^2}{\delta^2}; \quad (3.8)$$

де t - квантиль нормального розподілу.

Розрахункове значення N_d перевірити із дійсним і зробити висновок про доцільність виконання додаткових дослідів.

Побудова гістограми (полігону) розподілу досліджуваного показника і висунення гіпотези про теоретичну закономірність розподілу. За даними варіаційного ряду побудувати графік залежності між досліджуваною величиною і емпіричною частістю. З цією метою на осі абсцис за певним мірилом відкладають верхні, нижні та середні значення інтервалів величини Y . На осі ж координат відкладають значення емпіричної частоти.

За зовнішнім виглядом гістограми, а також за величиною оцінки коефіцієнта варіації висунути гіпотезу щодо теоретичної закономірності розподілу.

Розрахунок теоретичної частоти. Розрахувати значення густини функції розподілу ($f(Y_i)$) для кожного часткового інтервалу. Для теоретичного розподілу Вейбулла потрібно насамперед відшукати параметри a і b .

Для кожного часткового інтервалу розраховують теоретичну частість:

$$P_{Ti}(Y) = f(Y) * \Delta Y, \quad (3.9)$$

де ΔY - крок інтервалу.

Перевірка близькості емпіричного і теоретичного розподілів. Близькість між емпіричним і теоретичним розподілом перевірити за критерієм χ^2 (χ^2 – квадрат, Пірсона) [5, 10, 11, 24]. З цією метою для

кожного часткового інтервалу потрібно розрахувати добуток – $N * P_{Ti}$.

Виразити критерій за формулою:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k'} \frac{(m_i - N * P_{Ti})^2}{N * P_{Ti}}, \quad (3.10)$$

де k' – число інтервалів з урахуванням їх об'єднання.

Визначити число ступені вільності за формулою:

$$r = k' - (n + 1), \quad (3.11)$$

де n – число параметрів функції теоретичного розподілу.

Задавши рівень значимості α ($\alpha = 0,05 \dots 0,1$), знайдемо для визначеного r , значення $(X^*)^2$ і порівняємо його із розрахунковим. Якщо $X^2 < (X^*)^2$, то теоретичний розподіл відображає емпіричні дані. В іншому разі близькість між емпіричним і теоретичним розподілом відсутня.

3.4. Методика графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків

До функціональних характеристик процесу централізованого збирання цукрових буряків належать:

1. площа зібраних ділянок;
2. площа незібраних ділянок;
3. тривалість збирального сезону;
4. фактичний обсяг зібраного врожаю;
5. фактичний обсяг втрат врожаю.

Для визначення цих показників роботи бурякозбирального комбайна була розроблена графоаналітична модель процесу збирання цукрових буряків (рис. 3.3).

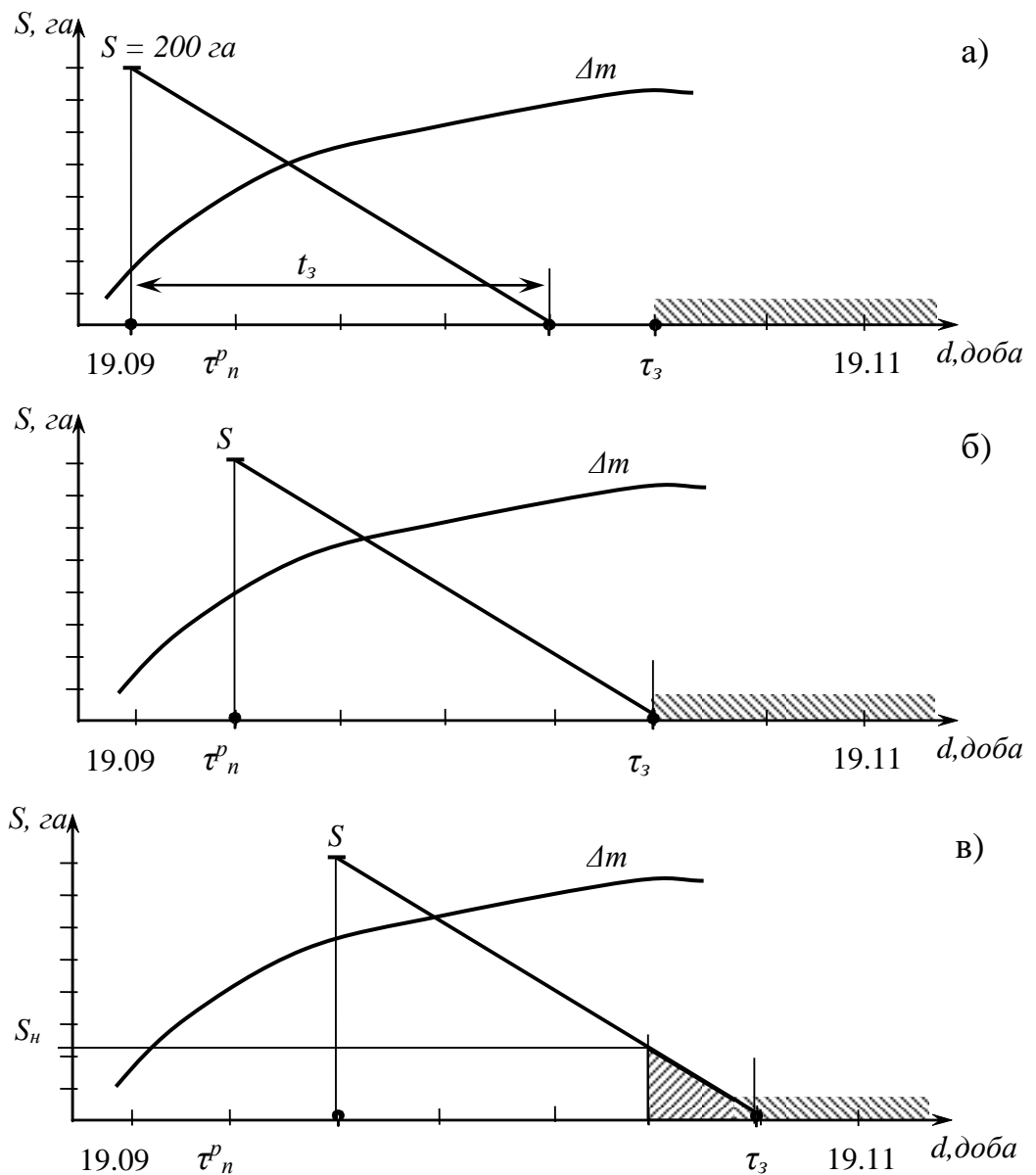


Рисунок 3.3 – Графічне відображення інтерпретація процесу збирання цукрових буряків на полях підприємства: S – площа культури, га; а,б – робота комбайна на полях своєчасна; в - робота комбайна на полях несвоечасна; τ_3 – час виникнення заморозку (нижче -2°C), доба; τ_n^p – час початку бурякозбиральних робіт, доба; t_3 – тривалість бурякозбиральних робіт, діб; Δm – календарний приріст маси кореня цукрових буряків, кг/добу.

Втрати врожаю цукрових буряків можуть виникати протягом усього періоду вегетації, що зумовлено впливом несприятливих факторів навколишнього середовища, несвоечасним виконанням технологічних

операцій, появою шкідників тощо. Проте значна частина втрат припадає саме на період бурякозбиральних робіт [21]. Таким чином, механізоване збирання врожаю є однією з ключових технологічних операцій, що визначає ефективність усього виробничого процесу.

Терміни початку бурякозбиральних робіт залежать від моменту дозрівання культури, що обумовлює складність їх точного визначення в реальних виробничих умовах. Ця складність пояснюється біологічними особливостями росту та розвитку цукрових буряків, коли приріст маси кореня та цукристості відбувається паралельно в завершальний період вегетації і триває до зниження середньодобової температури нижче $+6^{\circ}\text{C}$.

Аналіз цієї специфіки свідчить, що сільськогосподарські підприємства прагнуть максимально продовжити період перебування цукрових буряків на полі, а за зниження температур зібрати їх у короткі строки. Для здійснення централізованого збирання врожаю в таких умовах потрібна значна кількість комбайнів, що зумовлює високі капіталовкладення та експлуатаційні витрати.

Крім того, ризик заморозків на поверхні ґрунту може призводити до пошкодження коренеплодів, зниження їхньої цукристості та товарної якості. Це, у свою чергу, спричиняє втрати біологічної врожайності та зменшення доходів від реалізації продукції.

Розглянемо детальніше методика графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків.

Основним завданням розробленої графоаналітичної моделі було визначення характеристик роботи комбайнів залежно від різних термінів початку бурякозбиральних робіт. Моделювання процесу для окремого року проводилося для комбайна КСБ-6 "Збруч" із продуктивністю 13,02 га/добу.

Використовуючи дані Стрийської метеорологічної станції (форма ТСХ-1) щодо приросту маси кореня цукрових буряків у період з 19 вересня до 17 листопада, було виконано розрахунок добових обсягів виконаних робіт. На основі цих розрахунків визначали добовий обсяг фактично зібраного

врожаю. Ці ітерації повторювалися до повного виконання робіт на полях із сезонною площею 200 га.

У випадках, коли бурякозбиральні роботи тривали до зниження температури на поверхні ґрунту нижче -2°C , моделювання роботи комбайна припиняли. Після цього визначали обсяги фактично зібраних площ і врожаю, а також обсяги незібраних площ і врожаю.

Запізнення із проведенням збиральних робіт призводить до втрат врожаю через зниження його товарної якості (зменшення маси, цукристості тощо). Визначення обсягу врожаю, втраченого на полі, дозволяє оцінити втрати коштів підприємства та кількісно визначити ефективність управління цим процесом.

Втрати врожаю оцінювали на основі відомих методик [21], які передбачають визначення площі поля, що залишилася незібраною на момент виникнення заморозків (рис. 3.4).

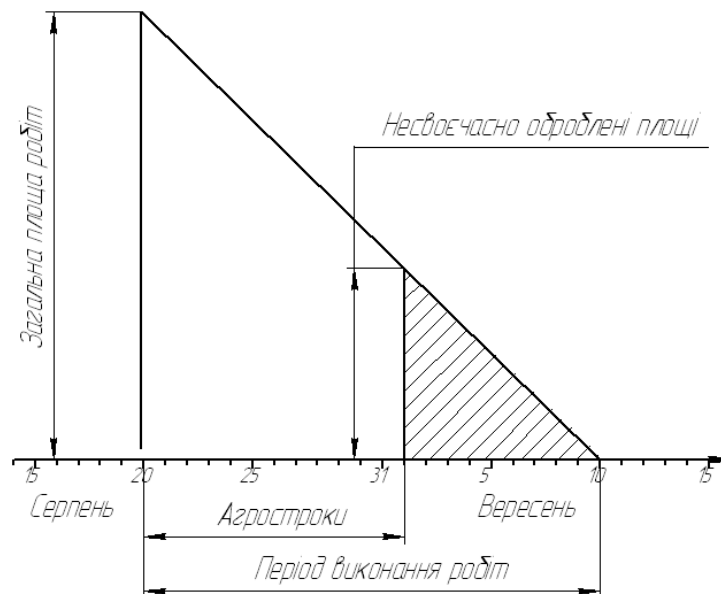


Рисунок 3.4 – Графічне відображення методу визначення незібраної площі цукрових буряків

Вартісне оцінення втрат цукрових буряків можна виконати за наступною формулою [21]:

$$B = U_j S_n V, \quad (3.12)$$

де S_n – площа культури, га; U_j – поточна врожайність в j -у добу, ц/га; V – вартість врожаю культури, грн/ц.

Аналогічні розрахунки були проведені для періоду з 1985 по 2023 рік, а отримані результати представлені у розділі 4.

Запропонована методика дозволяє визначити втрати підприємства, які виникають через вибір конкретної дати початку виконання бурякозбиральних робіт у кожному році господарювання.

3.5. Методика оцінення експлуатаційних витрат та втрат врожаю культури через несвоєчасність її збирання

Використовуючи результати комп'ютерного моделювання за вартісним критерієм — питомими сукупними витратами коштів (E), можна оцінити ефективність процесу збирання цукрових буряків. Сезонна площа (S_p^{opt}) роботи бурякозбирального комбайна вважається оптимальною, якщо значення E є мінімальним:

$$\Phi[(\{S_p\})^{opt}] = E \rightarrow \min. \quad (3.13)$$

Питомі сукупні витрати коштів на виконання процесу включають – питомі експлуатаційні витрати ($B_{тн}$) процесу та питомі втрати ($B_{тл}$) врожаю культури через несвоєчасне її збирання:

$$E = B_{тн} + B_{тл}. \quad (3.14)$$

Питомі експлуатаційні витрати ($B_{\text{тн}}$) на використання визначають [32]

$$B_{\text{тн}} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (3.15)$$

де C_1 – оплата праці комбайнера, грн/га; C_2 – вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га; C_3 – відрахування на амортизацію комбайна, грн/га; C_4 – відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн/га.

Відповідно до обсягу фактично виконаних робіт агрегатом питомі витрати коштів на оплату праці тракториста приведені до одиниці площі ріллі визначають:

$$C_1 = \frac{(m_1\Pi_1 + m_2\Pi_2 + \dots + m_n\Pi_n)}{W_{\text{год}}}, \quad (3.16)$$

де m_1, m_2, \dots, m_n – кількість робітників, які обслуговують агрегат окремо для кожної кваліфікації (розряду); $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ – оплата праці за годинну норму виробітку робітника кожної кваліфікації, грн./год; $W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність машини, га/год.

Вартість паливо-мастильних матеріалів визначається за формулою

$$C_2 = C_k \cdot Q, \quad (3.17)$$

де C_k – комплексна ціна одного кілограма палива, грн./кг.; Q – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/га.

Відрахування на амортизацію:

$$C_3 = \frac{B \cdot n \cdot a}{100 \cdot S_{\phi}}, \quad (3.18)$$

де B – балансова вартість машини, грн; n – кількість машин; a – норма відрахувань на амортизацію, %.

Значення коефіцієнта k_r відображає відношення фактично виконаного обсягу робіт, до планового річного навантаження [2, 15, 21]:

$$k = \frac{S_{\phi}}{T_r}. \quad (3.19)$$

Відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування:

$$C_4 = \frac{B \cdot n \cdot p \cdot k}{100 \cdot W^{\text{год}} \cdot T}, \quad (3.20)$$

де p_i - норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування комбайна, %; T_r - нормативне річне завантаження комбайна, год.

Вартісне оцінення втрат врожаю ($B_{\text{тл}}$) культури здійснюється за формулою [2, 15, 21]:

$$B_{\text{тл}} = U \cdot S_{\gamma} \cdot V, \quad (3.21)$$

де U – максимальна врожайність культури, ц/га; S – незібрана площа, га; V – ринкова вартість культури, грн/ц.

Висновки до розділу 3

1. Загальна програма та методика досліджень складається з дев'яти логічно взаємопов'язаних етапів виробничих і комп'ютерних експериментів, дотримання яких дозволяє отримати ключові результати роботи.

2. На основі розробленого методу дослідження природно допустимої тривалості збирання цукрових буряків було сформовано варіаційні ряди емпіричних даних для відповідних показників. Використовуючи методи математичної статистики, формалізуються закономірності цих даних і визначаються їхні статистичні характеристики. Дослідження природно допустимої тривалості збирання, приросту маси кореня, розподілу погожих і непогожих днів, а також аналітична оцінка їхніх характеристик виконуються із застосуванням ПК та програмного середовища Excel.

3. Процеси та явища, що виникають у механізованому виробництві сільськогосподарської продукції, часто мають випадковий характер за своїми кількісними показниками. Для їх аналізу отримуються емпіричні дані, які обробляються за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики.

4. Розроблена методика дослідження закономірностей приросту маси кореня цукрових буряків створює передумови для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між біологічними та агрометеорологічними чинниками, які впливають на показники ефективності бурякозбирального процесу.

5. Запізнення зі збиральними роботами спричиняє втрати врожаю через зниження його товарної цінності (зменшення маси, цукристості тощо). Визначення обсягу врожаю, втраченого на полі, дозволяє оцінити втрати коштів підприємства та кількісно визначити ефективність технологічної системи.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1. Результати дослідження розподілу початкової маси кореня цукрових буряків

Відображення приросту маси цукрових буряків в імітаційній моделі процесу механізованого збирання цукрових буряків відбувається на підставі розподілу кількісних показників їх характеристик.

Встановлення кількісних показників зазначених характеристик виконували на підставі даних Стрийської метеорологічної станції, що знаходиться у м. Стрий Львівської області.

На підставі інформації про результати спостережень (ТСХ-1) щодо перебігу вегетаційного процесу сільськогосподарських культур в літньо-осінній період, а саме за приростом маси кореня в по таких датах: 29 липня, 09 серпня, 19 серпня, 29 серпня, 09 вересня, 19 вересня, 29 вересня, 10 жовтня, 19 жовтня для періоду 1985-2023 рр. Як уже зазначалося, на підставі цих даних формували таблицю, в якій для окремого року фіксували значення маси кореня для заданих дат (табл. 3.2). Маючи базу спостережень формували варіаційні ряди емпіричних даних. З метою числового відображення календарних термінів приросту маси кореня цукрових буряків прийнято точку відліку – 29 липня , відносно якої визначали приріст маси кореня, а також розподіл маси кореня на початкову дату – 29 липня.

Отриманий емпіричний ряд розподілу початкової маси кореня цукрового буряка (для періоду 1985-2023 рр.) опрацьований за відомими методами математичної статистики [5, 10, 11, 24], на основі чого побудовано розподіл маси кореня на початкову дату (рис. 4.1). Розподіл початкової маси кореня відображається законом Вейбулла. Значення маси кореня на початкову дату впливає на масу кореня під час механізованого збирання цукрових буряків.

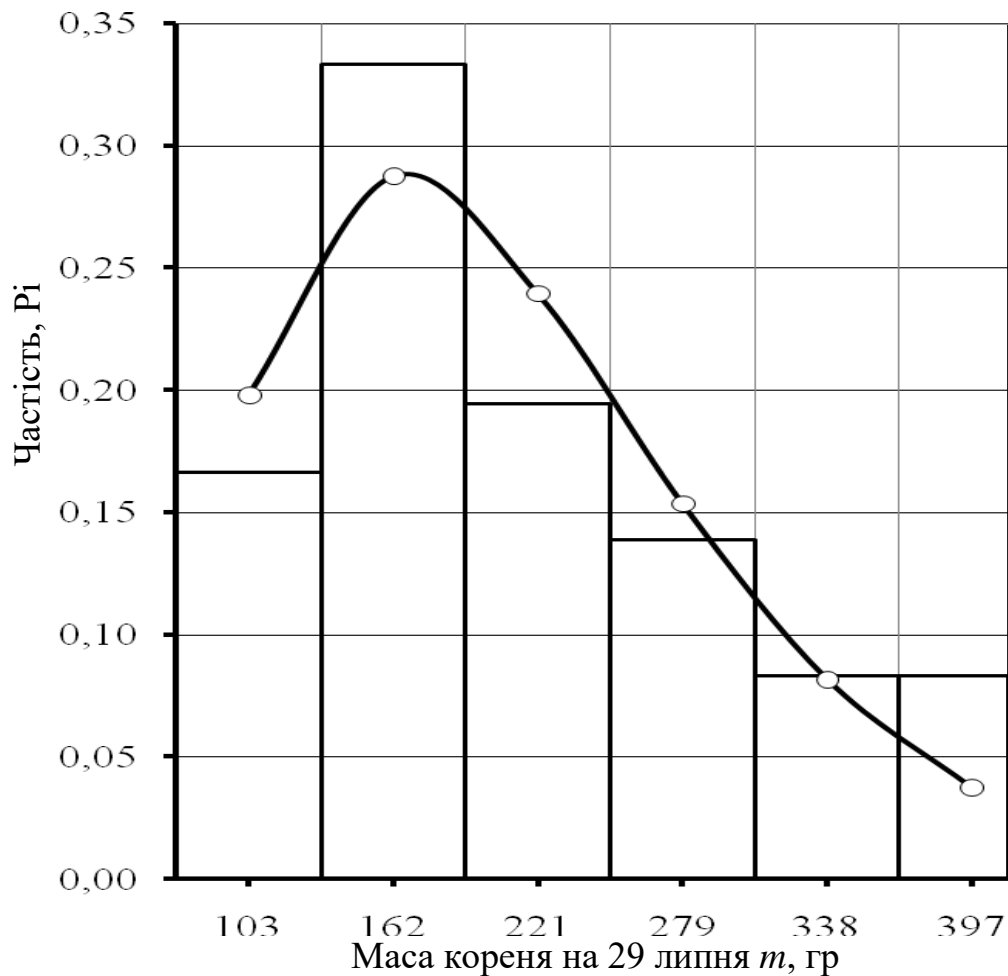


Рисунок 4.1 – Гістограма та теоретична крива розподілу початкової маси кореня (Вейбулла)

Головні статистичні характеристики цього розподілу наступні: математичне сподівання $\bar{M}[m]=214,148$ гр.; середнє квадратичне відхилення $\bar{\sigma}[m]=87,212$; параметр мірила $a=156,670$; параметр форми $b=1,636$.

За даними цих же спостережень встановлено динаміку приросту маси кореня цукрових буряків (рис. 4.2.) залежно від дати проведення замірів.

Рівняння залежності приросту маси кореня від дати проведення замірів описується формулою:

$$m = -0,038\tau^2 + 22,94\tau - 2898 \quad (4.1)$$

Кореляційне відношення становить - $r = 0,638$.

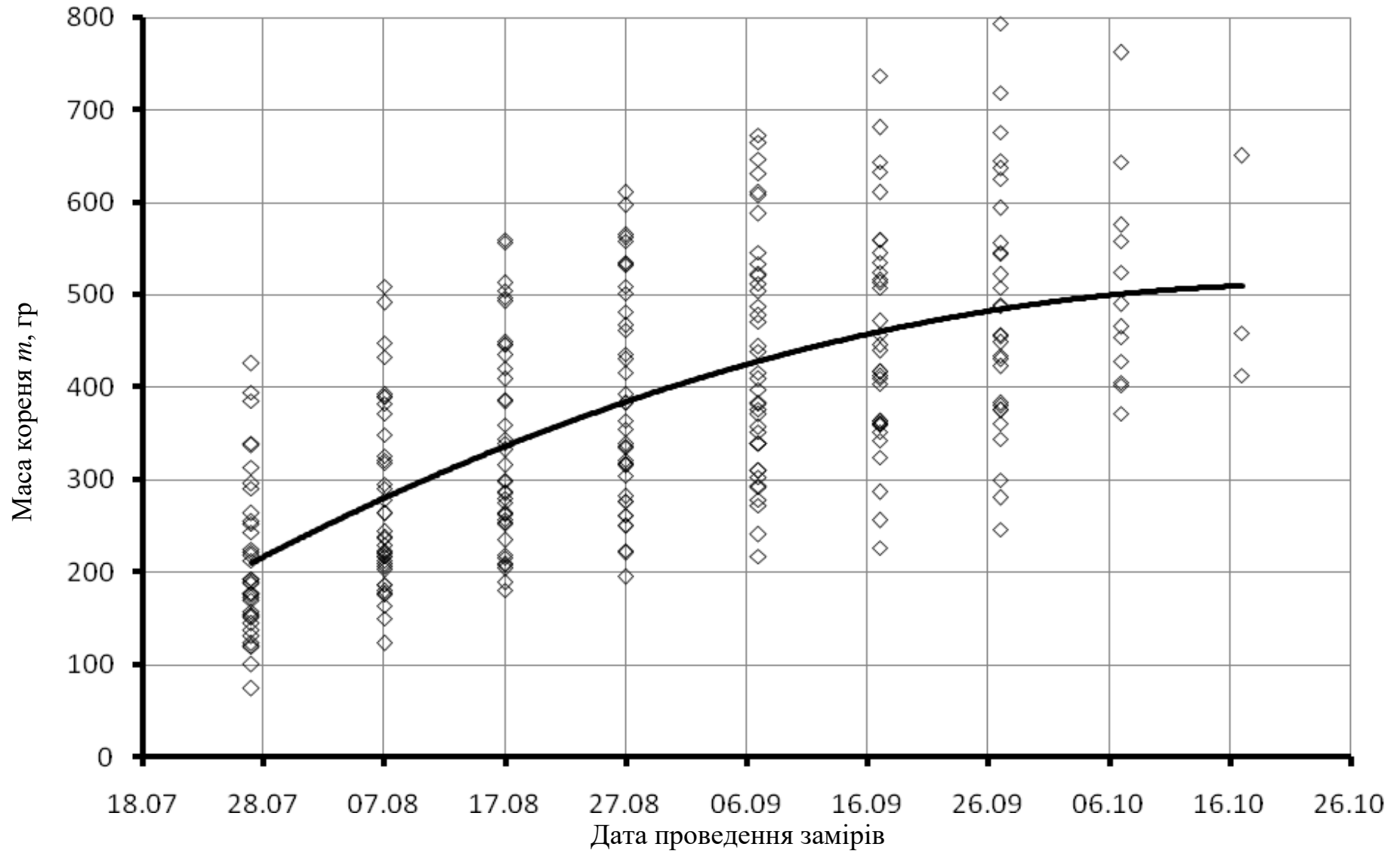


Рисунок 4.2 – Динаміка календарного приросту маси кореня

4.2. Результати дослідження агрометеорологічних умов періоду бурякозбиральних робіт

Як уже зазначалось, відображення агрометеорологічних умов в імітаційній моделі процесу механізованого збирання цукрових буряків відбувається на підставі розподілу кількісних показників їх характеристик. До основних характеристик агрометеорологічних умов, що формують початкові умови та впливають на перебіг збирального процесу відносимо: 1) часом завершення фізіологічної стиглості ґрунту; 2) ймовірністю виникнення заморозків; 3) тривалістю погожих та непогожих проміжків.

Встановлення кількісних показників зазначених характеристик виконували за даними Стрийської метеорологічної станції, що знаходиться у м. Стрий Львівської області. На підставі інформації із щоденних спостережень за атмосферними явищами (опадами тощо), станом зволоження верхнього шару ґрунту (0-2, 2-10см) та температурним режимом повітря і ґрунту формували базу вихідних даних дослідження.

Маючи базу результатів щоденних спостережень метеостанції впродовж осіннього періоду окремих років формували варіаційні ряди емпіричних даних. З метою числового відображення календарних термінів збиральних робіт прийнято точку відліку – 1 вересня, відносно якої визначали кількість днів, що проходить до виникнення тих чи інших умов сезонних робіт [1, 26].

Для побудови розподілів погожих і непогожих проміжків скористаємося раніше зібраними даними для періоду 1993 р – 2023 р (табл.3.3). Використовуючи відомі методи математичної статистики встановлено розподіли t_{nn} (рис. 4.3) та t_{nn} (рис. 4.4) для осіннього періоду. Ці розподіли відображаються законом Вейбулла. Довірчий інтервал тривалості погожих проміжків часу для весняного періоду – 1...21 діб та непогожих проміжків часу – 1...14 діб.

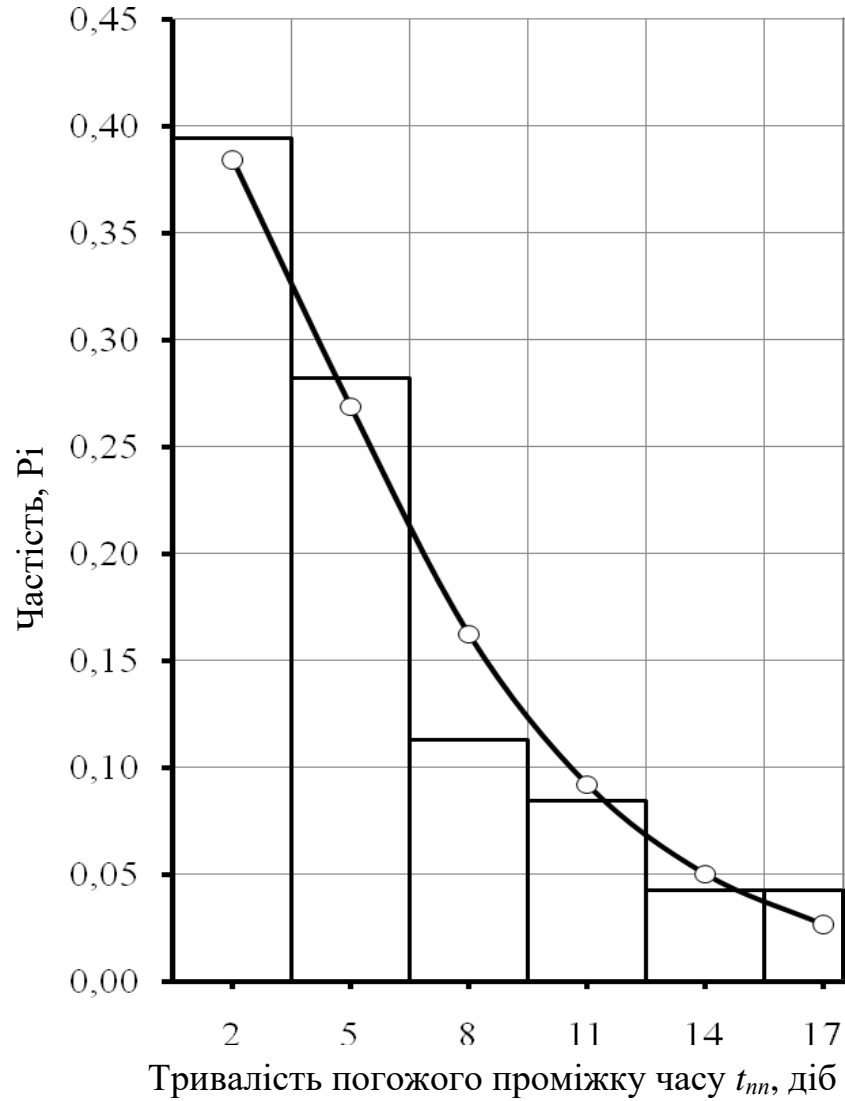


Рисунок 4.3 – Гістограма та теоретична крива розподілу тривалості погожого проміжку часу (Вейбулла)

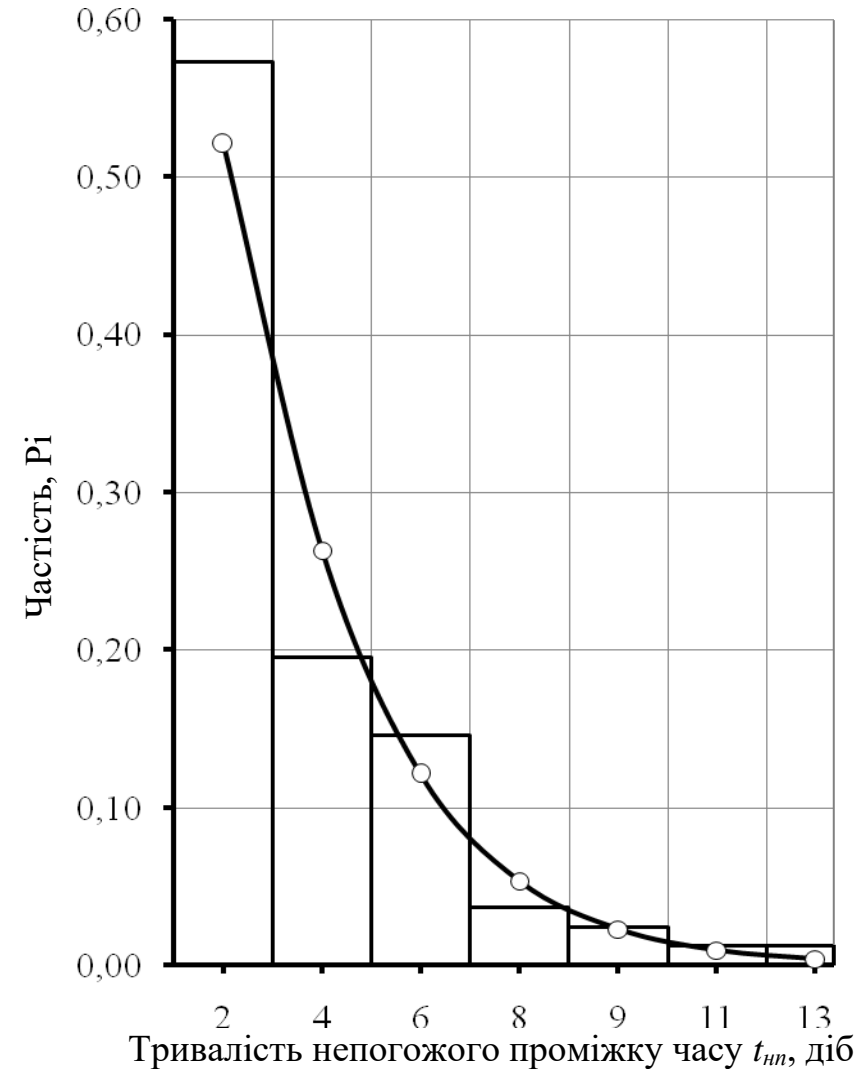


Рисунок 4.4 – Гістограма та теоретична крива розподілу тривалості непогожого проміжку часу

Згідно з даними метеостанції (табл. 3.4) формуємо варіаційні ряди емпіричних даних. Які обробляємо згідно з вище наведеними методами і отримуємо розподіл імовірності виникнення заморозків (-2°C) (рис. 4.5). Цей розподіл відображаються законом Вейбулла. Довірчий інтервал виникнення заморозків становить 277...332 доба. Інші статистичні характеристики цього розподілу наведено в дод. табл. Б.4.

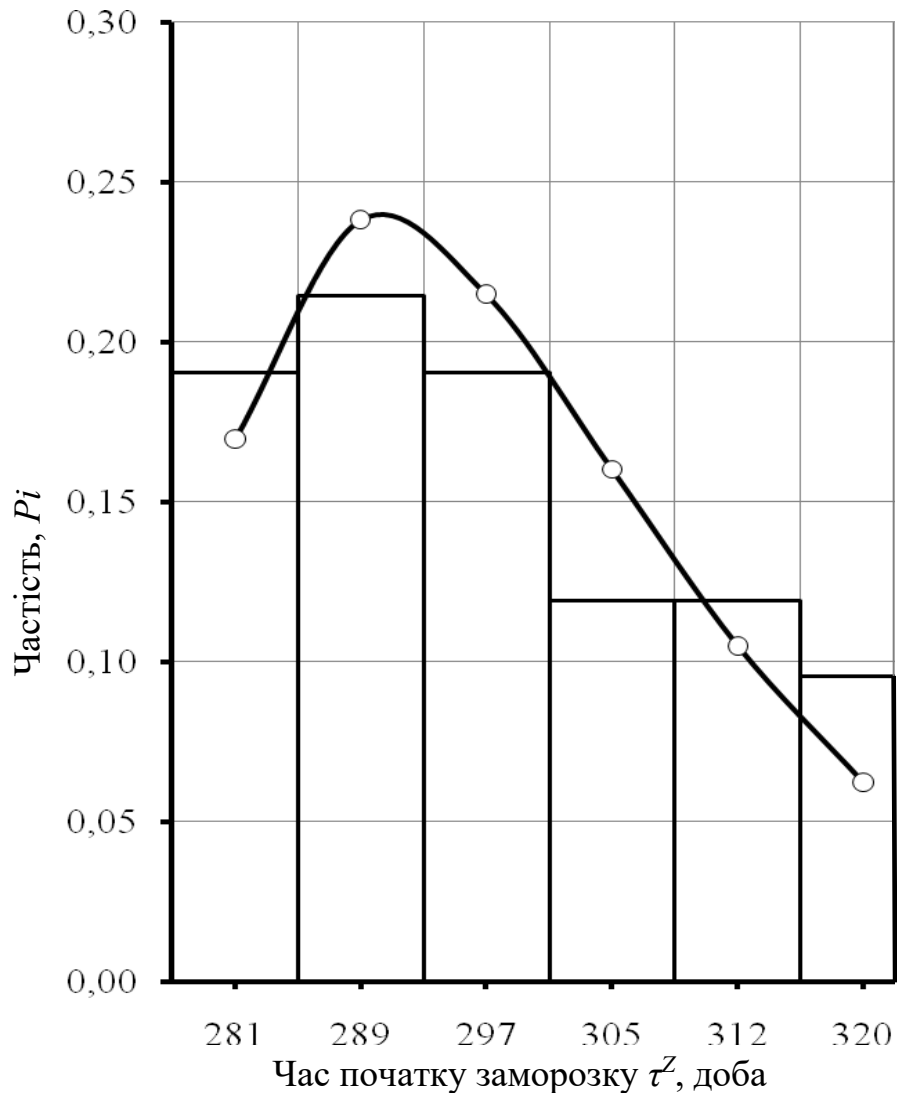


Рисунок 4.5 – Гістограма та теоретична крива розподілу часу початку заморозків (нижче -2°C) (Вейбулла)

Провівши аналогічні операції з даними щодо завершення фізичної стиглості ґрунту(табл. 3.4) отримаємо розподіл імовірності. Отриманий розподіл (рис. 4.6) відповідає нормальному закону розподілу. Довірчий інтервал цього розподілу становить 289...356 доба.

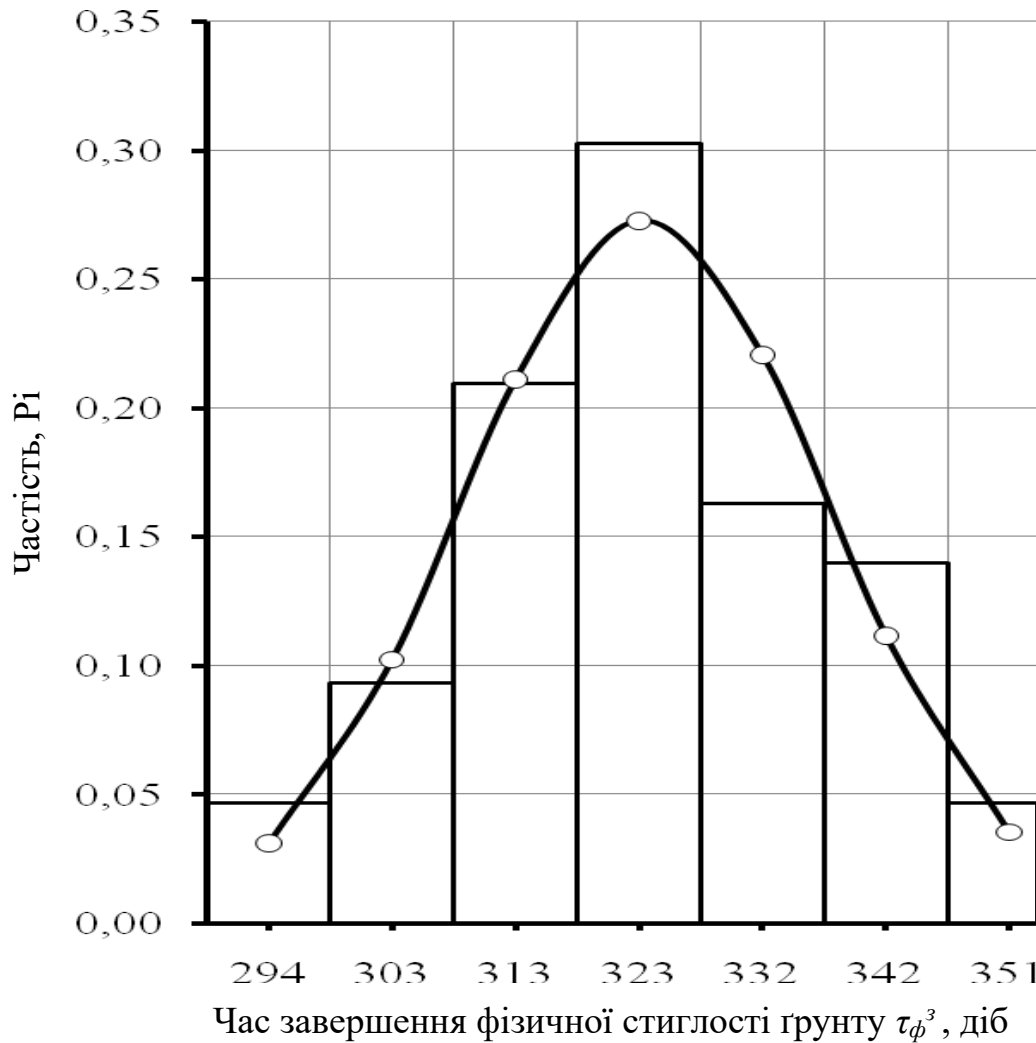


Рисунок 4.6 – Гістограма та теоретична крива розподілу часу

завершення фізичної стиглості ґрунту (нормальний)

Враховуючи вище отримані дані по розподілі початкової маси кореня m та її прирості в часі а також імовірності виникнення заморозків τ^Z та завершення фізіологічної стиглості ґрунту τ_{ϕ^3} отримаємо графік який показує формування кінцевого терміну збирання цукрових буряків (рис 4.7). Як бачимо з графіка ймовірність появи заморозків настає раніше ніж завершення фізіологічної стиглості ґрунту тому при створенні імітаційної моделі бурякозбирального процесу крайній строк збирання буряків приймаємо по виникненні заморозків.

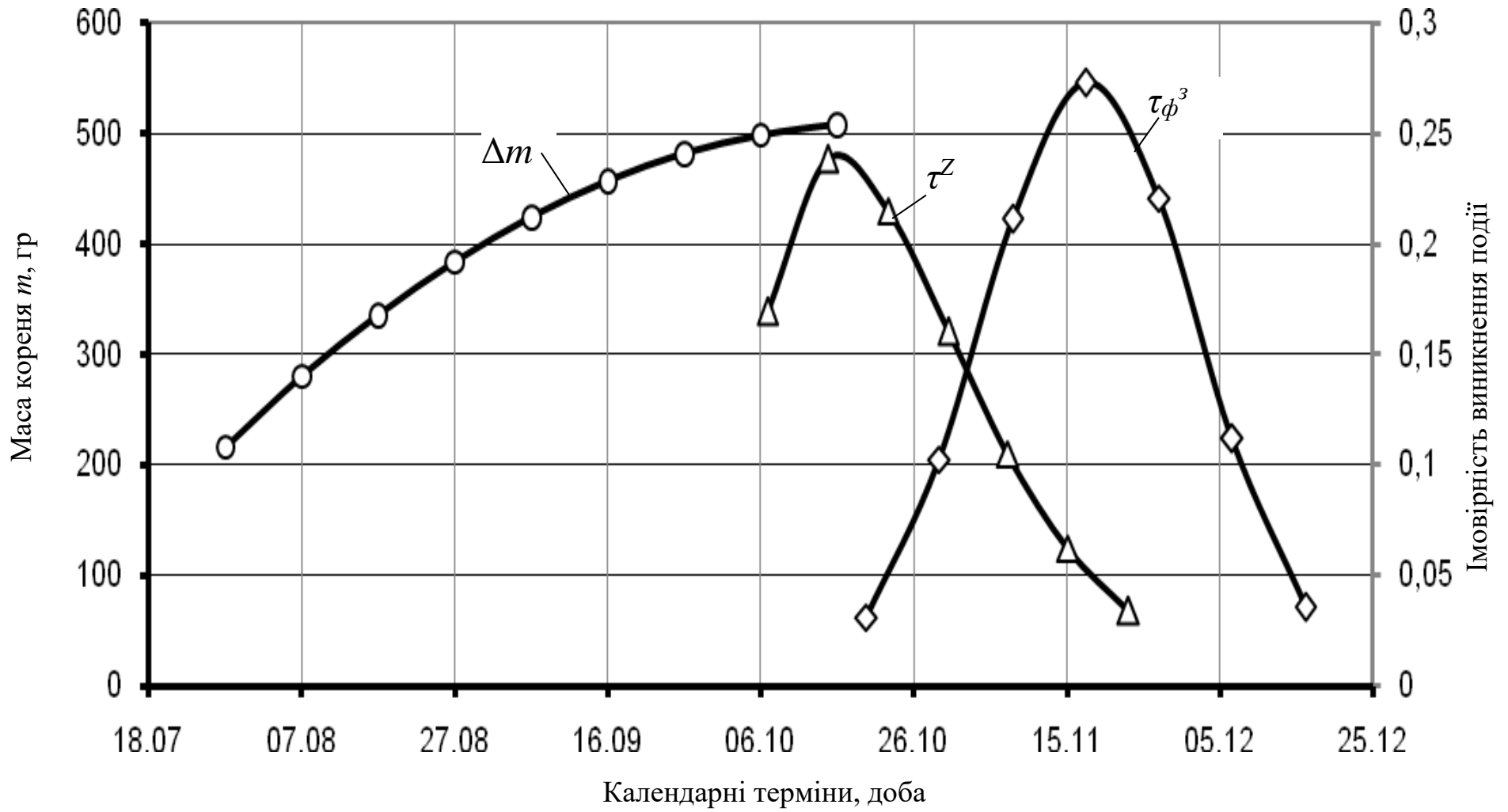


Рисунок 4.7 – Графічне відображення календарного приросту маси кореня Δm та термінів початку заморозків τ^z і завершення фізіологічної стиглості ґрунту τ_{ϕ^3} .

4.3. Результати дослідження закономірностей інтенсивності приросту маси кореня цукрових буряків

На основі зібраних даних щодо початкової маси кореня цукрових буряків була сформована таблиця 4.1 приросту маси кореня від 9 серпня по 9 жовтня. Дана таблиця дає змогу оцінити приріст маси кореня по декадах (10 днів) від початку досягання буряків. Тобто, якщо на початку серпня маса кореня становила 35 грам, то 19 серпня – 98 грам. Такі дані отримуємо при визначенні приросту маси кореня просумувавши їх за 10 днів (декада), наприклад, від 9 по 19 серпня. За цей період приріст маси кореня становить 63 грами. Також дана таблиця дає змогу оцінити масу кореня цукрових буряків на кінець сезону, тобто на початку їх збирання.

Таблиця 4.1 – Приріст маси кореня під час фізичної стиглості цукрових буряків

Рік	№ дня п/п	Місяць	Число	Маса	Температура
1985	220	Серпень	09	35	105
	230	Серпень	19	98	245
	240	Серпень	29	198	345
	251	Вересень	09	328	440
				
	295	Жовтень	09	457	575

На основі сформованої таблиці 4.1 та виконаних розрахунків у програмі Microsoft Excel отримуємо масу кореня на кінець його фізичного досягання, тобто на початку його збирання. Так, 1985 року станом на 9 жовтня маса кореня становила 457 г.

На основі одержаних результатів отримано залежність, що зображена на рис 4.8., яка показує приріст маси кореня від приросту суми ефективних температур від початку до завершення фізичної стиглості цукрових буряків.

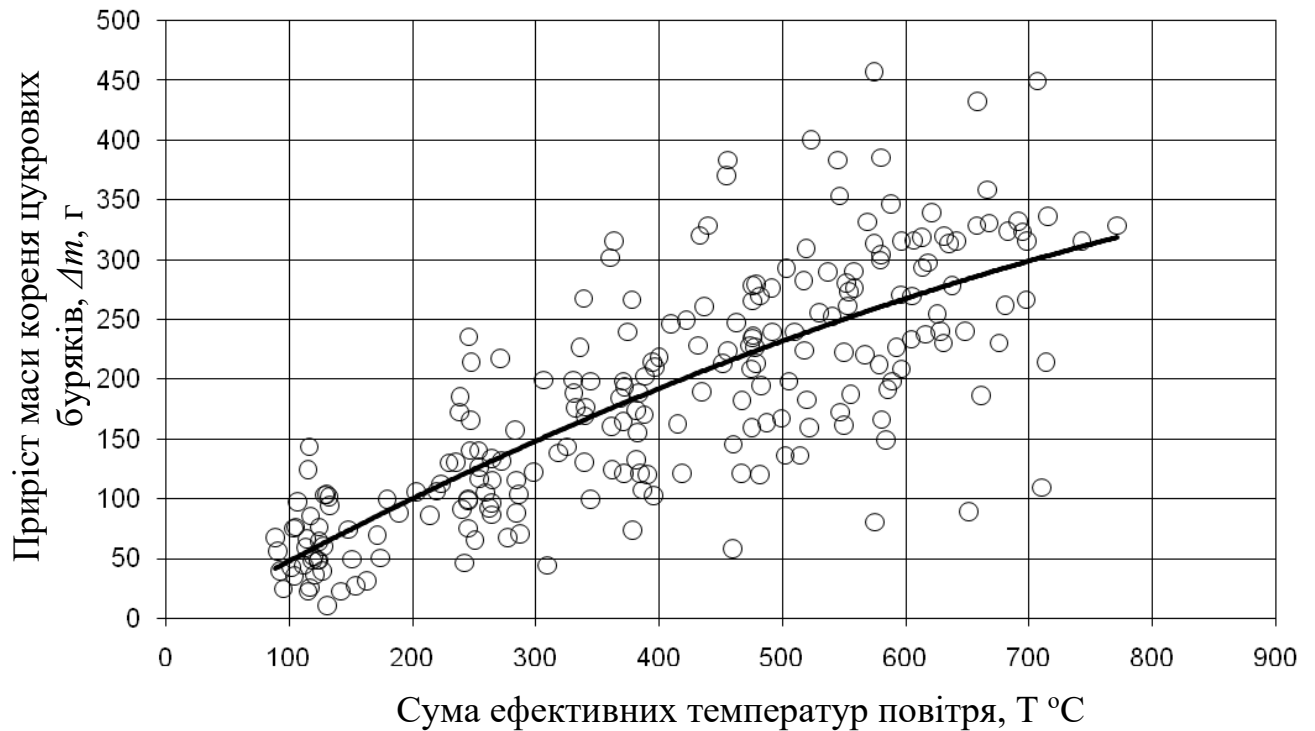


Рисунок 4.8 – Залежність приросту маси кореня цукрового буряка Δm від суми ефективних температур повітря, $T^{\circ}\text{C}$

Залежність, що зображена на рис.4.8. описується за допомогою формули [5, 10, 11, 24]:

$$\Delta m = -0,0002T^2 + 0,588T - 9,5122$$

Кореляційне відношення становить - $r = 0,781$.

Ця залежність показує як зростає маса кореня в залежності від суми ефективних температур повітря під час бурякозбиральних робіт.

4.4. Результати графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків

Користуючись розробленим нами методом графоаналітичного відображення процесу збирання цукрових буряків встановлено показники, що дають змогу оцінити ефективність цього процесу (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Результати графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків в розрізі календарного року (приклад - для умов 1985 року)

№ з/п	Термін початку робіт, доба	Поточна маса кореня, г	Незібрана площа, га	Тривалість збирання, діб	Обсяг втрат, ц	Обсяг зібраного врожаю, ц
1	261	647.20	0	15	0	99258
2	262	650.40	0	15	0	99509
3	263	653.60	0	15	0	99736
4	264	656.80	0	15	0	99938
5	265	660.00	0	15	0	100116
6	266	663.20	0	15	0	100279
7	267	666.40	0	15	0	100455
8	268	669.60	0	15	0	100640
9	269	672.80	0	15	0	100821
10	270	676.00	0	15	0	100992
11	271	666.49	0	15	0	101146
12	272	667.87	0	15	0	101403
13	273	667.87	4.7	15	2598.9	101646
14	274	668.95	17.72	14	9798.5	99290
15	275	670.89	30.74	13	16998	92322
16	276	672.11	43.76	12	24198	85334
17	277	672.41	56.78	11	31397	78334
18	278	673.81	69.8	10	38597	71330
19	279	674.21	82.82	9	45796	64311
20	280	678.23	95.84	8	52996	57289
21	281	683.20	108.86	7	60195	50224
22	282	686.10	121.88	6	67395	43108
23	283	688.43	134.9	5	74595	35962
24	284	690.52	147.92	4	81794	28791
25	285	691.20	160.94	3	88994	21599
26	286	691.20	173.96	2	96193	14399
27	287	691.20	186.98	1	103393	7199.6

Таким чином, виконуючи розрахунки для умов початку збирального процесу з 19.09 до 19.11 встановлено як будуть змінюватись показники ефективності роботи комбайна із заданими параметрами.

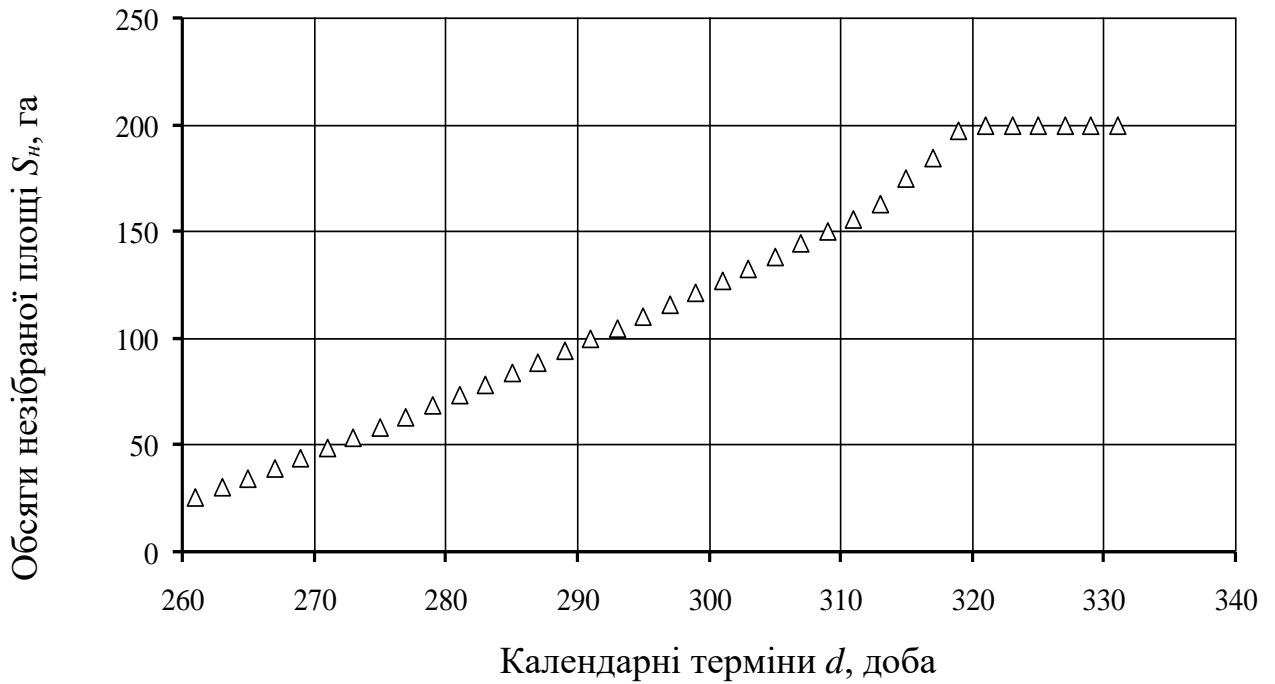


Рисунок 4.9 – Залежність математичного сподівання обсягу незібраної площі цукрових буряків від часу початку бурякозбиральних робіт (комбайн – КСБ-6 “Збруч”, площа цукрових буряків – 200 га)

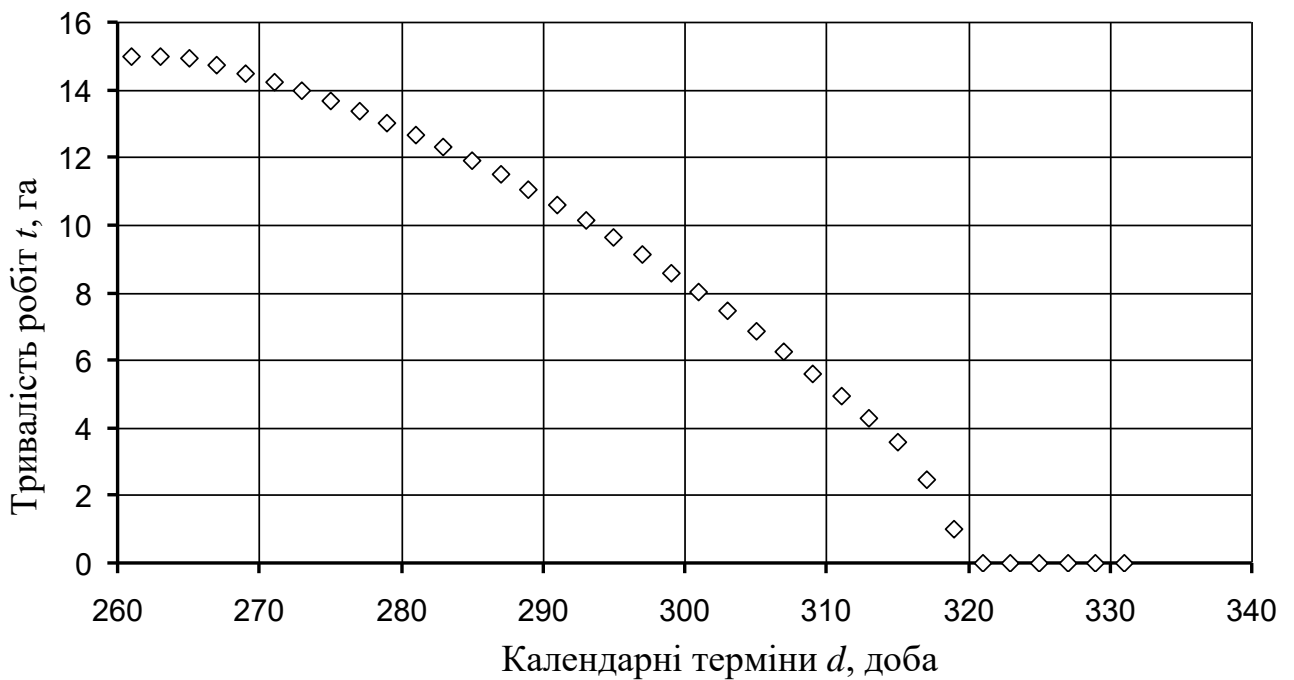


Рисунок 4.10 – Залежність математичного сподівання фактичної тривалості роботи бурякозбирального комбайна від часу початку бурякозбиральних робіт (комбайн – КСБ-6 “Збруч”, площа цукрових буряків – 200 га)

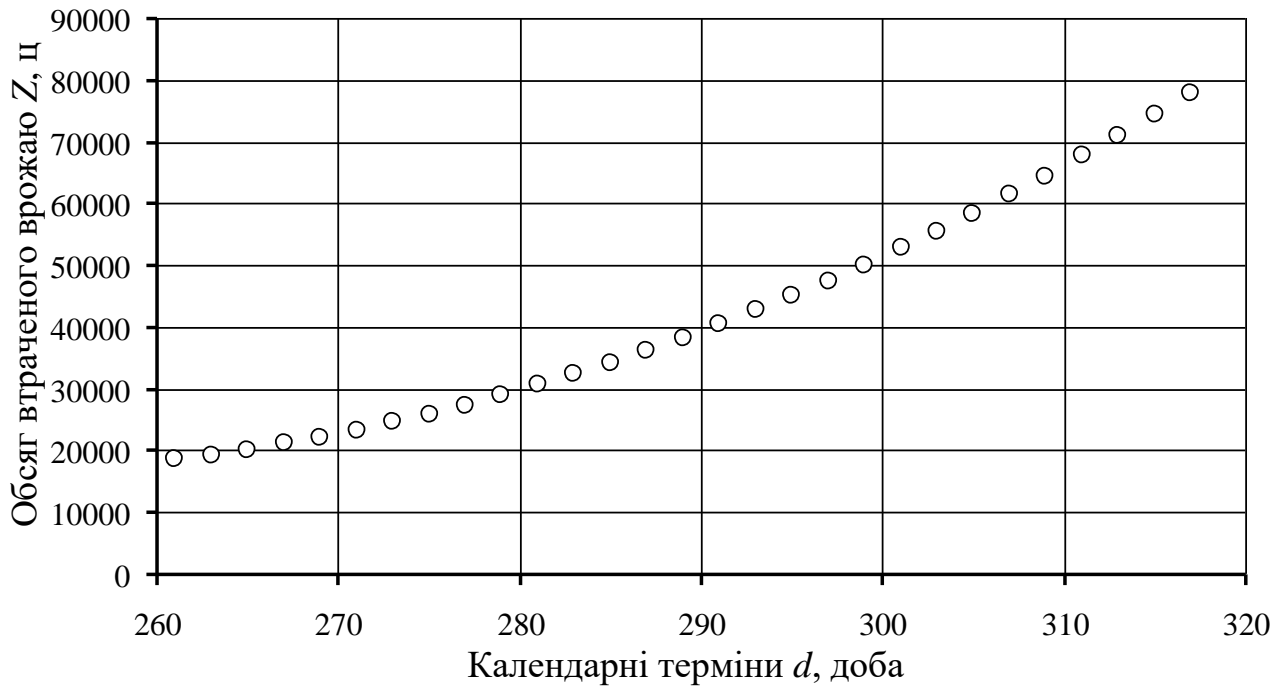


Рисунок 4.11 – Залежність математичного сподівання обсягів втраченого врожаю цукрових буряків від часу початку бурякозбиральних робіт (комбайн – КСБ-6 “Збруч”, площа цукрових буряків – 200 га)

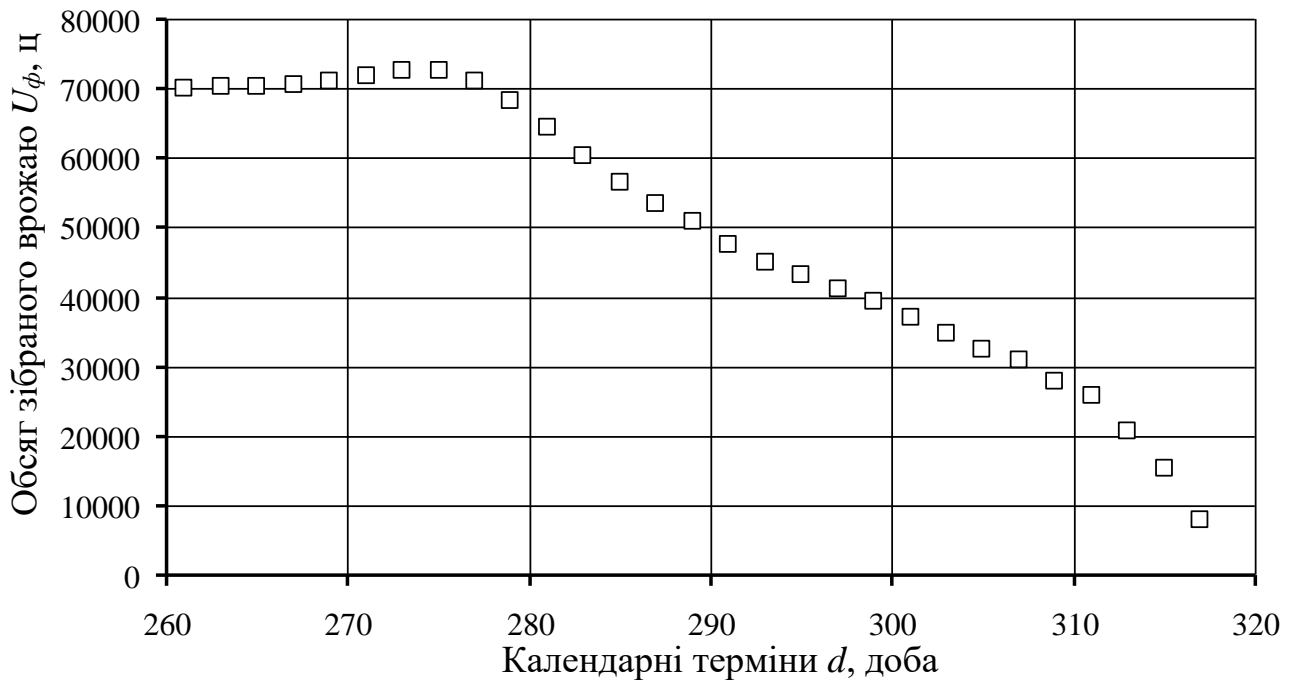


Рисунок 4.12 – Залежність математичного сподівання обсягів зібраного врожаю цукрових буряків від часу початку бурякозбиральних робіт (комбайн – КСБ-6 “Збруч”, площа цукрових буряків – 200 га)

Аналогічні ітерації здійснено для 38 років (1985-2023 рр.) для яких також були відомі динаміка температурних умов на поверхні ґрунту, а також поточна маса кореня і момент настання зимового періоду (замерзання ґрунту).

Використовуючи методи математичної статистики встановлено відповідні залежності оцінок головних показників процесу збирання цукрових буряків:

1) залежність математичного сподівання обсягу незібраної площі цукрових буряків від часу початку бурякозбиральних робіт (рис. 4.9);

2) залежність математичного сподівання фактичної тривалості роботи бурякозбирального комбайна від часу початку бурякозбиральних робіт (рис. 4.10);

3) залежність математичного сподівання обсягів втраченого врожаю цукрових буряків від часу початку бурякозбиральних робіт (рис. 4.11);

4) залежність математичного сподівання обсягів зібраного врожаю цукрових буряків від часу початку бурякозбиральних робіт (рис. 4.12).

Аналіз результатів графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків переконує в тому, що для різних років терміни початку робіт необхідно обґрунтовувати із врахуванням потужності комбайнового парку та природно дозволеного фонду часу на бурякозбиральні роботи. Тобто, такого фонду часу за якого втрати врожаю прямують до свого мінімуму, а обсяг зібраного врожаю є максимальний.

Оцінення отриманих результатів за методами математичної статистики дало змогу встановити, що для агрометеорологічних умов Львівської області, за умови використання бурякозбирального комбайну КЗБ-6 “Збруч” на площі культури – 200 га бурякозбиральні роботи доцільно розпочинати – 1-3 жовтня (273-275 день від початку року). За таких умов обсяг зібраного врожаю буде максимальним (рис. 4.12).

Висновки до розділу 4

1. Емпіричний ряд розподілу початкової маси кореня цукрових буряків за період 1985–2023 років було опрацьовано методами математичної статистики. На основі цих даних побудовано розподіл маси кореня на початкову дату (рис. 4.1), який відповідає закону Вейбулла. Початкова маса кореня має безпосередній вплив на масу кореня під час механізованого збирання цукрових буряків.

2. Використовуючи відомі методи математичної статистики, були визначені розподіли тривалості погожих t_m , (рис. 4.3) та непогожих t_{nn} (рис. 4.4) проміжків часу для осіннього періоду, які також відповідають закону Вейбулла. Довірчий інтервал тривалості погожих проміжків у весняний період становить 1–21 добу, а непогожих – 1–14 діб.

3. Встановлена залежність приросту маси кореня цукрових буряків від суми ефективних температур повітря описується певною формулою, кореляційне відношення якої дорівнює 0,781.

4. Аналіз результатів графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків підтверджує, що терміни початку робіт у різні роки слід визначати з урахуванням потужності парку комбайнів та природно допустимого фонду часу для виконання збиральних робіт. Такий фонд часу забезпечує мінімальні втрати врожаю та максимальний обсяг зібраного врожаю.

5. Оцінка результатів досліджень за методами математичної статистики показала, що для агрометеорологічних умов Львівської області, за використання бурякозбирального комбайна КСБ-6 "Збруч" на площі 200 га, оптимальним терміном початку робіт є 1–3 жовтня (273–275 день від початку року). За цих умов обсяг зібраного врожаю досягає максимального значення (рис. 4.12).

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Моделювання процесу виникнення травм та аварій

Використання методу, що розроблений С.Д. Лехман, дає можливість шляхом побудови “дерева” відмов і помилок операторів різних систем вести математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія, травма, катастрофа [12]. Даний метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд будівель, виробничих процесів і технологій. Але, як показали дослідження, будь-яка аварія може бути наслідком однієї або багатьох потенційно небезпечних ситуацій. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних аварій і катастроф. Обчислення рівняння безпеки можна спрямувати на удосконалення конструкції технічних засобів, на зниження їх безпеки, зниження ймовірності виникнення травмонебезпечних ситуацій в процесі механізованого збирання цукрових буряків, а також вживати термінових заходів для першочергового усунення небезпек з більш високим рівнем.

Як вказують результати досліджень, що отримані науковцями аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показує, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови “дерева відмов” та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві. За такою методикою побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм при роботі, котрі із досить високою достовірністю можна використовувати в

моделюванні технологічних процесів сільськогосподарського виробництва, зокрема в сфері рослинництва.

Аналіз використовуваних моделей процесів формування й виникнення аварій, травм показав, що вони адекватно імітують усі процеси та явища, котрі беруть участь у зародженні й виникненні ушкоджень працівників (операторів). У зв'язку з цим, моделі, що отримали назву “дерево відмов техніки і помилок оператора” називають - “імітаційними”. Через те, що виникнення кожної наступної події знаходять шляхом логічного аналізу попередніх, то для кращого розуміння суті таких моделей, їх називають “логічно-імітаційними” [12].

Наведемо основні принципи побудови логічно-імітаційної моделі. Окреслюється досліджувана технологічна операція, під час виконання якої вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. В графічній інтерпретації, модель за своєю формою нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відмов і помилок”. В свою чергу кінцеві події називають базовими.

Для окреслення та характеризування тієї чи іншої події в побудові логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій.

Кожен блок рисунку, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі:

1. відмова (аварія, травма) системи – головна подія;
2. послідовність подій, що приводять до відмови системи;
3. послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів;
4. усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині;
5. послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі;

б. базові події зображують у вигляді кружечків з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі.

5.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм

Шляхом проведення аналізу, кожний із логічних процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, можна виокремити та знайти подію з якої починається небезпечний процес, ще до виникнення небезпечних наслідків.

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня небезпеки для конкретного об'єкта [12]. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від явища що досліджується.

Застосовуючи метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища є можливість оцінки рівня небезпеки певного об'єкта чи явища. Даний метод широко застосовують в зарубіжній інженерній практиці. Основні його принципи полягають в тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварійні або травматичні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логічно-імітаційної моделі травми. Після цього будують модель “дерева відмов і помилок оператора”. Слід зауважити, що важливе значення має правильний вибір головної події, від чого залежить доцільність виконання та ефективність моделі.

Наведемо методику побудови логічно-імітаційної моделі.

Головну подію, котра зумовлює виникнення травми, модель якої необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва виникає.

Після вибору домінуючого випадкового явища (події) розпочинаємо побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”,

використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як домінуюча чи головна.

Спочатку визначаються травмонебезпечні ситуації та їх кількості, що можуть мати місце в процесі що розглядається, визначаємо ще й інші події, що входять до кожної такої ж ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів “і”, “або” та інших. Процес побудови моделі триває, поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Слід мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

За даними виробництва визначаємо ймовірність базових подій. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно-імітаційної моделі

Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі збирання цукрових буряків складемо

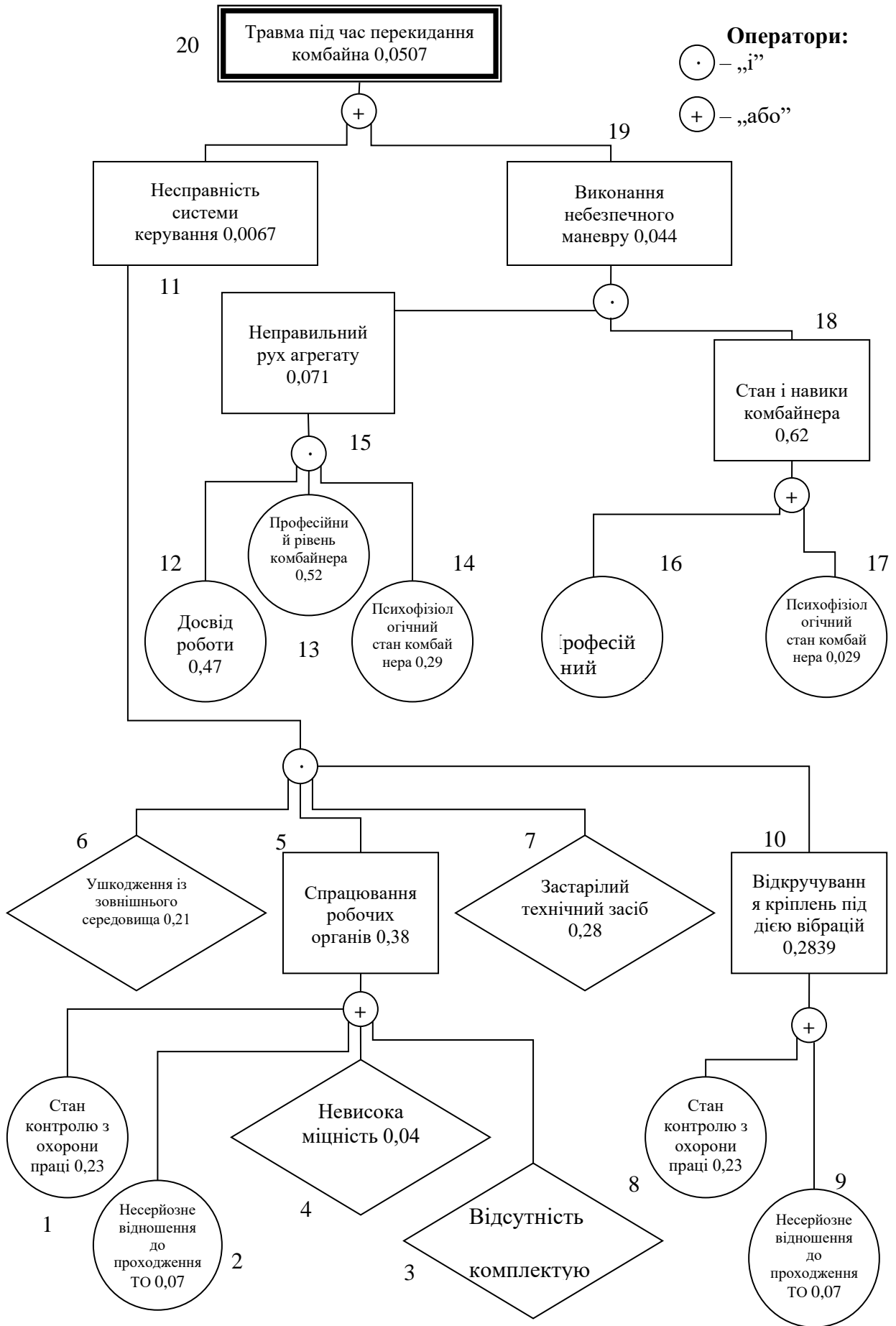


Рисунок 5.1 – Матриця логічних взаємозв’язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації [12]

перелік базових подій. Вони лежатимуть в основі даної моделі. Кожній події (пункту) присвоїмо певне значення ймовірності його виникнення:

1. Стан контролю з охорони праці $P_1 = 0,23$;
2. Несерйозне відношення до проходження ТО $P_2 = 0,07$;
3. Відсутність комплектуючих $P_3 = 0,11$;
4. Невисока міцність $P_4 = 0,04$;
5. Застарілі технічні засоби $P_6 = 0,28$;
6. Виникнення перешкод на полі під час робочого ходу $P_7 = 0,21$;
7. Досвід роботи $P_{12} = 0,52$.
8. Професійний рівень тракториста $P_{13} = 0,47$;
9. Психофізіологічний стан тракториста $P_{14} = 0,29$;

На основі наведених подій будуємо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічна інтерпретація якої зображено на рис. 5.1.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що формують логіко-імітаційну модель технологічного процесу збирання цукрових буряків. Розглянемо травмонебезпечну ситуацію, що виникає за умови збирання цукрових буряків на значних ухилах поля, близько ярів чи при їх об'їзді, котра може призвести до перекидання комбайна.

Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,23 + 0,07 + 0,04 + 0,11 - 0,23 \cdot 0,07 - 0,23 \cdot 0,04 - 0,23 \cdot 0,11 - 0,07 \cdot 0,04 - \\ - 0,07 \cdot 0,11 - 0,04 \cdot 0,11 + 0,23 \cdot 0,07 \cdot 0,04 \cdot 0,11 = 0,3878$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так:

$$P_{10} = 0,23 + 0,07 - 0,23 \cdot 0,07 = 0,2839$$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

$$P_{11} = 0,21 \cdot 0,38 \cdot 0,28 \cdot 0,3 = 0,0067$$

Ймовірність виникнення події P_{15} визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,52 \cdot 0,47 \cdot 0,29 = 0,071$$

Ймовірність події P_{18} :

$$P_{18} = 0,47 + 0,29 - 0,47 \cdot 0,29 = 0,62$$

Ймовірність події P_{19} :

$$P_{19} = 0,071 \cdot 0,62 = 0,044$$

Ймовірність події P_{20} :

$$P_{20} = 0,0067 + 0,044 = 0,0507$$

Таким чином, ймовірність виникнення травми комбайнера під час перекидання агрегату є досить мала і становить $P_{20} = 0,0507$.

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку комбайнера і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Актуальність проблеми природно-техногенної безпеки для населення і території, зумовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами. Ймовірність надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру непинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

Заходи щодо зниження ступеня впливу негативних наслідків аварійних ситуацій здійснюються з метою завчасної підготовки підприємств від надзвичайних ситуацій, та створення умов для підвищення стійкості їх роботи, та проведення своєчасних робіт щодо рятувальних заходів.

Відповідальність за організацію цивільної оборони згідно із Законом “Про цивільну оборону України” лягає на керівника підприємства. Керівництво підприємств повинно забезпечити працівників засобами захисту

(індивідуального та колективного), створює загони для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [12].

Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається створенням фонду захисних споруд.

Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

Висновки до розділу 5

1. Будь-яка аварія може бути спричинена однією або кількома потенційно небезпечними ситуаціями. Тому метод логічного моделювання не підходить для моделювання складних аварій і катастроф. Однак застосування цієї методики дозволяє виявляти та усувати потенційні небезпеки конструкцій технічних засобів, знижувати ймовірність виникнення травмонезбезпечних ситуацій під час механізованого збирання цукрових буряків, а також оперативно усувати причини таких ситуацій із високим рівнем ефективності.

2. Логіко-імітаційні моделі, які використовуються для аналізу аварій і травм та розробки заходів з охорони праці, дають змогу суттєво знижувати ймовірність виникнення аварійних та травмонезбезпечних ситуацій. Розроблено логічні моделі небезпечних ситуацій, які враховують усі можливі стани обладнання, робочого місця, а також поведінку комбайнера. На їх основі розраховано ймовірність виникнення травм.

3. Зростання ймовірності надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру робить питання захисту цивільного населення надзвичайно актуальним. Заходи зі зменшення впливу негативних наслідків аварійних ситуацій мають бути спрямовані на завчасну підготовку підприємств до надзвичайних ситуацій, створення умов для підвищення стійкості їхньої роботи та організацію своєчасних рятувальних заходів.

6. КІЛЬКІСНЕ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Відповідно до обсягу фактично виконаних робіт агрегатом питомі витрати коштів на оплату праці (2.5) [2, 15, 21]:

$$C_1 = \frac{(238,10 \cdot 1 + 136,05 \cdot 1)}{1,5} = 249,43 \text{ грн/га.}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів визначається за формулою

$$C_2 = (50 \cdot 27) + (150 \cdot 0,1) = 1365,00 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на амортизацію:

$$C_3 = \frac{4500000 \cdot 15 \cdot 1}{100 \cdot 200} = 3375,00 \text{ грн/га.}$$

Значення коефіцієнта k_r відображає відношення фактично виконаного обсягу робіт, до планового річного навантаження:

$$k_r = \frac{200}{180} = 1,11.$$

Відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування:

$$C_4 = \frac{4500000 \cdot 0,12 \cdot 1,11}{1,5 \cdot 180} = 2220,00 \text{ грн/га.}$$

Питомі експлуатаційні витрати (B_{mn}) на виконання бурякозбирального процесу

$$B_{mn} = 249,43 + 1365,00 + 3375,00 + 2220,00 = 7209,43 \text{ грн/га.}$$

Вартісне оцінення обсягів ($B_{мл}$) втрат врожаю та обсягів (B_3) зібраного врожаю виконаємо для прикладу часу початку бурякозбиральних робіт – 1 жовтня (273 день з початку календарного року). Відповідно до результатів графоаналітичного моделювання (див. рис. 4.9) $B_{мл}$ знайдемо:

$$B_{мл} = 52 \cdot 435 \cdot 1500 = 33930000 \text{ грн.}$$

Користуючись залежністю (див. рис.4.12) видно, що обсяги зібраного врожаю цукрових буряків для 1 жовтня становлять – 73 000 ц тоді сума валового доходу від зібраного врожаю становитиме:

$$B_{мл} = 73000 \cdot 1500 = 109500000 \text{ грн.}$$

Виконуючи аналогічні розрахунки для інших термінів початку роботи комбайна на полі побудовано залежність суми валового доходу зібраного врожаю від часу початку бурякозбиральних робіт (рис. 6.1).

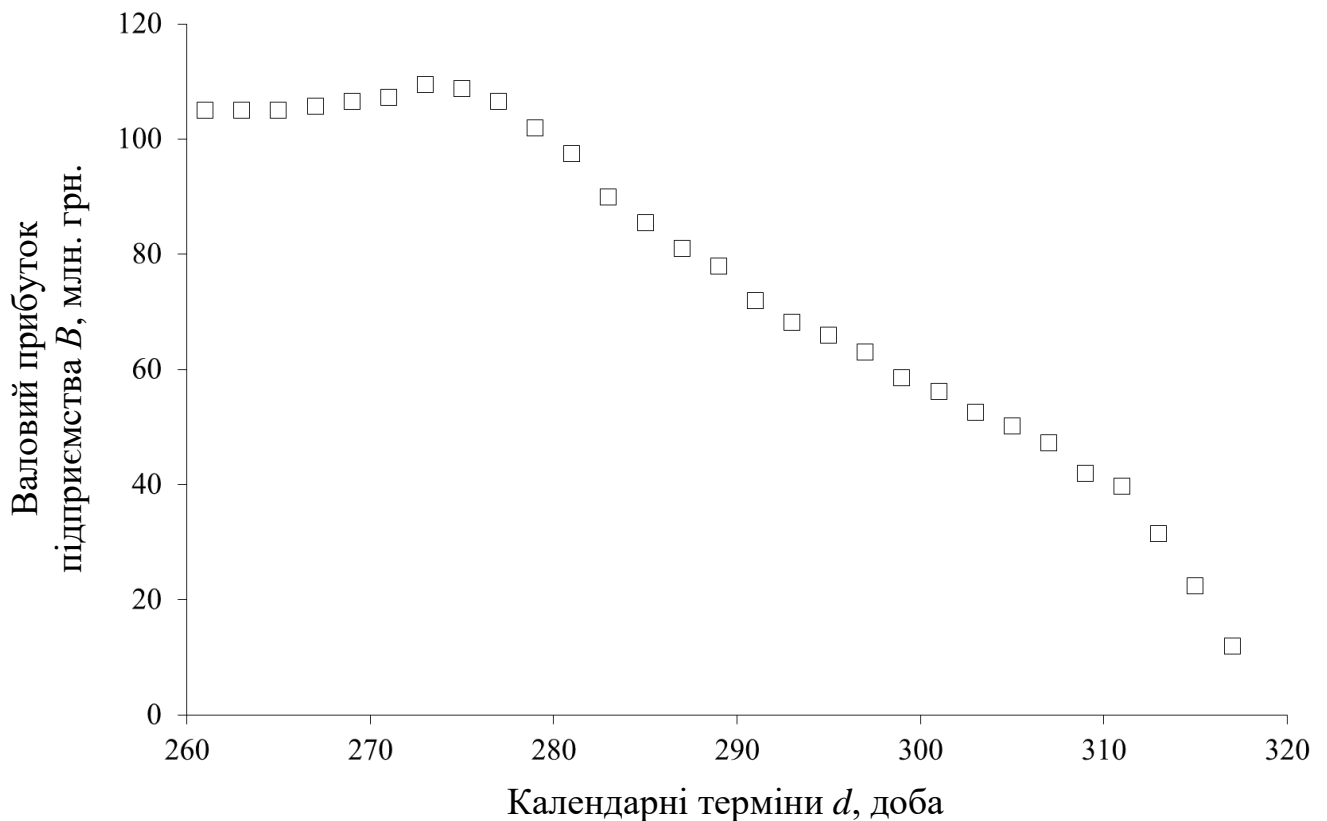


Рисунок 6.1 – Закономірність зміни валового доходу у системі централізованого збирання цукрових буряків від часу початку бурякозбиральних робіт

Таким чином, використання бурякозбирального комбайна КСБ-6 «Збруч» на площі цукрових буряків – 200 га із початком робіт в межах – 1-3 жовтня (273-275 день від початку року) дає змогу отримати максимальний валовий прибуток – 109 500 000 грн.

Висновки до розділу 6

1. Основні результати роботи, отримані з використанням ПК та програмного середовища Microsoft Excel, дозволили оцінити питомі експлуатаційні витрати на виконання процесу централізованого збирання цукрових буряків. Ці витрати становлять 7209,43 грн/га.

2. Застосування графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків дало можливість обґрунтувати оптимальні терміни початку бурякозбиральних робіт в умовах Стрийського району Львівської області для одиничного бурякозбирального комбайна КСБ-6 "Збруч", що працював на площі 200 га. За таких умов підприємство отримує максимальний валовий прибуток у розмірі 109 500 000 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Враховуючи ґрунтово-кліматичні ресурси Стрийського регіону, можна стверджувати, що умови для вирощування цукрових буряків та виробництва цукру тут є досить сприятливими. Незважаючи на те, що площі під посіви цукрових буряків займають лише 3–4%, цей сектор забезпечує значний прибуток для держави, який становить близько 17% від реалізації продукції.

2. Останніми роками, через низку причин, таких як скорочення посівних площ і втрата ринків збуту цукру, обсяги збору врожаю цукрових буряків суттєво знизилися. Проте, незважаючи на ці труднощі, виробництво цукрових буряків продовжує розвиватися. Це вимагає вирішення питань, пов'язаних із покращенням процесів виробництва та розширенням ринків збуту сировини.

3. Врахування специфічних характеристик процесу централізованого збирання цукрових буряків створює підґрунтя для розробки відповідних моделей аналізу бурякозбирального процесу. На основі цих моделей можливо обґрунтувати чіткі рекомендації для сільськогосподарських підприємств щодо впровадження оптимальних систем.

4. Строки збирання цукрових буряків залежать від технічних можливостей господарств, що повинні забезпечити завершення збирання до 25 жовтня. Активний період росту та накопичення цукру у буряках триває до моменту, коли середньодобова температура опускається нижче +6°C. Найефективніше збирання забезпечується комплексом машин для роздільного збирання з використанням потокового або потоково-перевалочного методів.

5. Втрати при збиранні цукрових буряків є значними порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами. Причини втрат можуть включати несвоєчасність збирання та несприятливі погодні умови, що

призводять до замерзання врожаю, негативно впливаючи на ефективність бурякозбирального процесу.

6. На основі розробленого методу дослідження природно допустимої тривалості збирання цукрових буряків було сформовано варіаційні ряди емпіричних даних для відповідних показників. Використовуючи методи математичної статистики, формалізуються закономірності цих даних і визначаються їхні статистичні характеристики. Дослідження природно допустимої тривалості збирання, приросту маси кореня, розподілу погожих і непогожих днів, а також аналітична оцінка їхніх характеристик виконуються із застосуванням ПК та програмного середовища Excel.

7. Процеси та явища, що виникають у механізованому виробництві сільськогосподарської продукції, часто мають випадковий характер за своїми кількісними показниками. Для їх аналізу отримуються емпіричні дані, які обробляються за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики.

8. Емпіричний ряд розподілу початкової маси кореня цукрових буряків за період 1985–2023 років було опрацьовано методами математичної статистики. На основі цих даних побудовано розподіл маси кореня на початкову дату (рис. 4.1), який відповідає закону Вейбулла. Початкова маса кореня має безпосередній вплив на масу кореня під час механізованого збирання цукрових буряків.

9. Використовуючи відомі методи математичної статистики, були визначені розподіли тривалості погожих t_{nn} , (рис. 4.3) та непогожих t_{nn} (рис. 4.4) проміжків часу для осіннього періоду, які також відповідають закону Вейбулла. Довірчий інтервал тривалості погожих проміжків у весняний період становить 1–21 добу, а непогожих – 1–14 діб.

10. Встановлена залежність приросту маси кореня цукрових буряків від суми ефективних температур повітря описується певною формулою, кореляційне відношення якої дорівнює 0,781.

11. Аналіз результатів графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків підтверджує, що терміни початку робіт у різні роки слід визначати з урахуванням потужності парку комбайнів та природно допустимого фонду часу для виконання збиральних робіт. Такий фонд часу забезпечує мінімальні втрати врожаю та максимальний обсяг зібраного врожаю.

12. Оцінка результатів досліджень за методами математичної статистики показала, що для агрометеорологічних умов Львівської області, за використання бурякозбирального комбайна КСБ-6 "Збруч" на площі 200 га, оптимальним терміном початку робіт є 1–3 жовтня (273–275 день від початку року). За цих умов обсяг зібраного врожаю досягає максимального значення (рис. 4.12).

13. Логіко-імітаційні моделі, які використовуються для аналізу аварій і травм та розробки заходів з охорони праці, дають змогу суттєво знижувати ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Розроблено логічні моделі небезпечних ситуацій, які враховують усі можливі стани обладнання, робочого місця, а також поведінку комбайнера. На їх основі розраховано ймовірність виникнення травм.

14. Основні результати роботи, отримані з використанням ПК та програмного середовища Microsoft Excel, дозволили оцінити питомі експлуатаційні витрати на виконання процесу централізованого збирання цукрових буряків. Ці витрати становлять 7209,43 грн/га.

15. Застосування графоаналітичного моделювання процесу збирання цукрових буряків дало можливість обґрунтувати оптимальні терміни початку бурякозбиральних робіт в умовах Стрийського району Львівської області для одиничного бурякозбирального комбайна КСБ-6 "Збруч", що працював на площі 200 га. За таких умов підприємство отримує максимальний валовий прибуток у розмірі 109 500 000 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В., Сидорчук О. В., Луб П. М., Тригуба А.М. Планування проектів вирощування сільськогосподарських культур на основі статистичного імітаційного моделювання: монографія. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2014. 224 с.
2. Березівського П. С. Організація виробництва в аграрних формуваннях. Навчальний посібник., Київ: Центр навчальної літератури, 2005. 560 с.
3. Білоусько Я., Денисенко П., Питулько В. Перспективи техніко-технологічного забезпечення аграрного виробництва. *Техніка АПК*. 2005. № 8. С.21-22.
4. Біологічні особливості та технологія вирощування буряка цукрового. URL: <http://agroua.net/> (дата звернення: 12.10.2024)
5. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
6. Вітвіцький В. В., Демчак І. М., Пивовар В. С. Типові норми продуктивності і витрат палива на ґрунтообробних роботах. Київ: НДІ «Укragропромпродуктивність», 2005. 544 с.
7. Державна служба статистики України. URL: www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 8.09.2024).
8. Калапуша Л. Р., Муляр В. П., Федонюк А. А. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів: навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. Луцьк: РВВ „Вежа” Волин. Нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. 192 с.
9. Карабиньош. С., Новицький А. Підготовка бурякозбиральної техніки до польових робіт. *Пропозиція*. 2006. №10
10. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 191 с.

11. Кушлик-Дивульська О. І., Поліщук Н. В., Орел Б. П., Штабальок П. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 212 с.
12. Лехман С.Д. та ін. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев. Київ : Урожай, 2003. 272с.
13. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.
14. Настанова гідрометеорологічним станціям та постам. Метеорологічні спостереження на станціях. Київ: ЗАТ «ВІПОЛ», 2010. Вип. 3, Ч. 1. 286 с.
15. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / [редкол. : М. В. Зубець (гол. редколегії) та ін.]. Київ : Урожай, 2004. 560 с.
16. Неруш В. Б., Курдеча В. В. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій. Київ: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. 115 с.
17. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології: Підручник. Одеса : Видавництво ТЕС, 2012. 250 с.
18. Руденко В. М. Математична статистика. навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.
19. Сидорчук О. В., Сенчук С. Р. Інженерний менеджмент: системотехніка виробництва: навч. посібник. Львів: Львів. ДАУ, 2006. 127с.
20. Сидорчук О. Системотехніка аграрного виробництва та інженерні аспекти його розвитку. *Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження*. 2000. № 4. С. 5-12.
21. Сидорчук О., Луб П., Татомир А., Бурилко А. Метод визначення втрат врожаю сільськогосподарських культур внаслідок несвоєчасності механізованих процесів рільництва. Матеріали V ювілейної Міжнар. наук.-

техн. конф. “Механізація і енергетика сільського господарства МОТРОЛ 2005”. Одеса, 2005. Том.7. С. 87-91.

22. Сидорчук О., Тимочко В., Ціп Є. Імітаційна модель роботи зернозбирального комбайна впродовж сезону. Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. 2001. №5. С. 17-26.

23. Сидорчук О.В., Боярчук В.М., Тригуба А.М., Тимочко В.О., Луб П.М., Шарибура А.О. Аналіз та обґрунтування машинно-технологічного забезпечення малих сільськогосподарських формувань: Звіт про наук.-досл. Роботу. Львів. держ. аграр. ун-т. № 25-07/2004юр; Інв. № 0206U004411. Львів, 2005. 117 с.

24. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 442 с.

25. Чубко О. Цукрові буряки по осені рахують. Журнал сучасного сільського господарства. Київ : *Агросектор*. 2007. № 78(21). С.25-27.

26. Tryhuba A., Hutsol T., Mudryk K., Nurek T., Golebiewski J., Lub P., Głowacki S., Sharybura A.O., Tryhuba I., Kucher O., Mykhailova L., Rud A. Planning of soil-based processes based on modeling. Monograph. Warszawa, 2020. 138 s.

ДОДАТКИ

Додаток А.
Результати виробничих експериментів

Таблиця А.1 – Приріст оцінення маси кореня цукрових буряків, г

Рік	29	серпень			вересень			жовтень	
	липня	09	19	29	09	19	29	09	19
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1957	337,0	372,0	435,0	535,0	665,0	737,0	794,0		
1958	264,0	349,0	449,0	565,0	647,0				
1959	395,0	492,0	560,0	597,0	608,0				
1960	255,0	321,0	384,6	430,5	504,1	524,3	544,1		
1961	295,7	389,5	512,9	561,7	588,1	611,2	625,7		
1962	144,4	208,6	275,6	318,0	357,0				
1963	221,9	290,8	420,6	482,0	521,1	545,4			
1964	177,9	217,0	263,4	315,6	339,9	360,4	375,8		
1965	193,0	237,0	298,2	336,1	382,3	416,8	430,3	454,2	458,9
1966	152,0	295,0	387,0	467,0	522,0	535,0			
1967	113,0	123,0	209,0	277,0	352,0	410,0	449,0		
1968	340,0	382,0	446,0	509,0	534,0	560,0	594,0		
1969	188,0	264,0	300,0	364,0	416,0	440,0	457,0	466,0	
1970	291,0	392,0	505,0	558,0	611,0	644,0	676,0		
1971	426,0	448,0	493,0	533,0	546,0	681,0	719,0		
1972	411,0	433,0	497,0	532,0	593,0	633,0	637,0	644,0	651,0

Таблиця А.2 – Ймовірність виникнення заморозків на поверхні ґрунту

Рік	День п/п	Число	Темп.
1977	270	28 вересня	-2
1978	311	8 листопад	
1979	275	3 жовтня	
1980	305	2 листопада	
1981	299	27 жовтня	
...			
1991	299	13 жовтня	-2
1992	285	27 жовтня	
1993	272	30 вересня	
1994	290	18 жовтня	
1995	295	23 жовтня	

Таблиця А.3 – Мінімальна температура на поверхні ґрунту

Рік	Дата проведення замірів, день											
	Серпень											
1961	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1962	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
1963	9,7	10	11	15	13,1	12,2	15,9	17	15,5	19,3	18,5	16,9
1964	7,3	9,5	9,5	12,1	15,4	16,3	15,5	18,7	15	11,3	11,9	13
1965	15	16	14	14	15	16	16	16	17	16	10	11
1966	9	14	7	10	11	8	12	8	8	10	16	12
1967	11	11	6	10	11	9	14	13	15	16	12	11
1968	17,2	15,1	11,1	15,1	12,8	4,2	10	14,2	14,3	17	15,1	10,7
1969	17	12	13	16	16	14	8	12	8	10	13	14
1970	7	9	12	10	9	10	9	11	13	14	13	15
1971	11	12	14	7	7	8	11	10	10	10	10	11
1972	10	13	13	14	15	14	15	13	15	15	16	14
1973	16	12	12	11	16	16	15	18	13	8	10	14
1974	17	17	12	14	9	10	12	11	11	13	15	15
1975	10	11	13	11	14	14	15	16	10	7	8	10
1976	13	16	14	12	16	14	8	10	9	11	9	11
1977	12	13	11	12	12	13	15	13	12	14	12	12
1978	12	13	7	9	8	11	6	12	11	8	13	10
1979	12	14	14	12	14	13	12	10	10	11	12	12
1980	12	12	11	14	16	13	13	15	12	11	8	7
1981	16	18	18	18	15	10	9	10	12	13	14	13
1982	15	16	15	13	18	18	14	14	16	12	11	7
1983	9	14	13	11	10	11	12	13	15	16	13	16
1984	13	11	14	14	13	13	12	14	12	15	18	11
1985	9	11	13	15	14	13	15	13	14	13	14	15
1986	10	12	13,6	14,7	13,9	13,1	13	15,1	12,6	13	9	14,8
1987	12	8,8	13	11,3	12,6	10,6	14	14,3	6,2	13	12,3	13,4
1988	16	18	17	16	17	19	13	15	16	13	13	15
1989	14	14	9	8	10	10	6	12	6	10	12	8
1990	9	12	15	13	8	11	10	10	10	11	14	17
1991	13,4	11,8	7,4	9,6	10	11	7,7	7,4	15,1	10	7,7	12,2

Таблиця А4 – Ймовірність виникнення заморозків на поверхні ґрунту

Рік	Жовтень													
	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
1961	3,1	8,6	1	5,4	6,6	8	6,3	4	-3	-1	0,6	0	0	-0,1
1962	0,8	-3,5	-4	2,9	6,4	1,3	-2,5	-1,9	-0,6	1,4	-2,5	2,1	-1,9	-2
1963	2	-1	-1	2	5	3	1	4	6	2	1	5	5	6
1964	7	4	2	1	0	6	7	6	3	1	4	6	1	0
1965	-1	-1	5	-1	1	0	-2	-3	-2	2	2	1	-1	0
1966	0	2	5	4	5	6	8	8	3	9	8	10	8	8
1967	8	8	6	7	0	-2	1	-2	5	4	3	4	4	2
1968	6	6	6	3	4	0	-1	1	1	5	0	-2	-1	0
1969	1	3	4	6	4	-1	1	0	2	-1	2	5	5	1
1970	-5	2	-2	-2	2	3	2	2	0	2	0	4	3	-1
1971	2	0	-4	-3	0	3	3	3	4	2	5	1	2	-1
1972	5	6	0	1	-1	-4	-2	0	-1	0	1	-2	-1	1
1973	2	7	8	2	1	0	-1	1	-2	-2	-2	0	0	-2
1974	6	5	3	3	3	0	4	5	1	2	3	2	0	1
1975	5	2	0	7	8	7	8	8	3	-1	-2	1	1	-1
1976	2	-1	-4	-2	-3	-4	-5	-2	-3	-5	-3	-2	-3	-2
1977	5	-3	-4	-1	0	3	-2	-1	-1	2	6	4	7	4
1978	3	9	6	4	3	7	3	0	2	2	4	0	0	-1
1979	8	10	7	8	5	6	4	0	-2	-3	-4	-7	-9	-2
1980	5	4	6	7	10	8	0	2	1	3	4	2	-1	-1
1981	0	2	-2	3	2	-1	4	7	6	4	4	-1	-1	6
1982	6	4	2	-2	-2	-4	-2	2	2	5	8	3	4	-1
1983	2	4	7	7	4	5	1	1	0	0	-2	-5	4	2
1984	5,6	3,1	-0,1	0,2	0,9	3,6	4,7	1,8	0,8	6,4	3,4	5,6	8	3,2
1985	4,2	4,5	3,6	-0,7	6,6	4,2	1,2	1,4	1,4	0	5	3,1	1,3	-0,7
1986	0	-2	-2	-2	-2	0	3	0	7	4	-3	-2	1	0
1987	9	8	7	6	4	4	1	-2	-1	1	3	5	-1	-4
1988	3	3	2	2	-1	-1	-4	-4	-6	4	-4	-8	-5	-3
1989	6	2,2	0,6	8	5,7	3,1	3	6,2	5,2	3,4	6,2	5,2	6,5	-0,4
1990	4,5	3,4	2,2	4	1,1	5,9	0,5	-2,4	-5,2	-2,2	-1,8	-4,6	-2	-1,8
1991	4,4	10,8	7	6,9	3,6	6,3	1	2,8	-0,3	-1	-1,5	-1,4	-2,6	-1,5
1992	-1,4	-1	1,6	6,3	1,4	-1,2	-0,9	3,7	0,4	-1,4	0	-1,7	2,3	1
1993	9,9	6,1	6,2	1	-4,4	-0,9	4	5,5	7,6	8	2,3	-0,1	3	-1,2
1994	5,5	2,5	-1,2	-3	-3,6	-4,6	-3,9	-3,9	-1,6	0	4	4,5	2,5	-0,4
1995	6,3	1,5	7,8	6	7,2	7,8	3,6	-1,1	-5,2	-3,1	-4	-3,2	-1,5	-1

