

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „Дослідження впливу предметної складової на процес  
механізованого збирання льону-довгунця в умовах Малого Полісся  
Львівщини”

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

Сахнюк Андрій Іванович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Чухрай В.Є.

(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: \_\_\_\_\_

(Прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(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  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
**Сахнюку Андрію Івановичу**

1. Тема роботи: **„Дослідження впливу предметної складової на процес механізованого збирання льону-довгунця в умовах Малого Полісся Львівщини”**

Керівник роботи: Чухрай Володимир Євгенович, к.т.н., доцент  
Затверджена наказом по університету від 25.04.2023 року № 118/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 19.02.2024 року.

3. Вихідні дані: \_\_\_\_\_ 1. Статистичні дані щодо стану вирощування льону-довгунця в державі та світі; 2. Звітні дані метеорологічної станції щодо спостережень літнього періоду; 3. Методи математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу; 4. Початкові дані розрахунків.  
\_\_\_\_\_

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

- \_\_\_\_\_ 1. Аналіз стану питання в практиці та теорії
  - \_\_\_\_\_ 2. Науково-методичні засади дослідження впливу предметної складової на процес механізованого збирання льону-довгунця
  - \_\_\_\_\_ 3. Методика виробничих експериментів та їх математичного опрацювання
  - \_\_\_\_\_ 4. Результати опрацювання даних виробничих та комп'ютерних експериментів
  - \_\_\_\_\_ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
  - \_\_\_\_\_ 6. Вартісне оцінення витрат на виконання робіт
- \_\_\_\_\_ Висновки та пропозиції.  
\_\_\_\_\_ Бібліографічний список.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
тема – 1-й слайд; мета роботи та завдання дослідження – 2-й слайд; сучасний стан виробництва льону-довгунця в Україні – 3-й слайд; схема робіт у механізованому процесі збирання льону-довгунця – 4-й слайд; групи чинників, що зумовлюють вплив на показники ефективності процесу механізованого збирання льону-довгунця – 5-й слайд; критерії, що визначають події у механізованому процесі збирання льону-довгунця – 6-й слайд; форма для відображення статистичних даних фенологічних фаз досягання льону-довгунця 7-й слайд; блок-схема узагальненого алгоритму статистичного імітаційного моделювання механізованих процесів збирання льону-довгунця – 8-й слайд; результати дослідження предметної складової у процесі механізованого збирання льону-довгунця – 9-й та 10-й слайди; результати імітаційного моделювання процесів механізованого збирання – 11-й слайд; результати оцінення вірогідності виникнення технологічних втрат та питомі експлуатаційні витрати на виконання робіт – 12-й слайд;

#### 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 6	Чухрай В.Є. 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: 25.04.2023 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання першого розділу</i>	25.04.23-24.04.23	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Науково-методичні засади дослідження»</i>	25.04.23-29.06.23	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Методика виробничих експериментів та їх математичного опрацювання»</i>	30.06.23-5.08.23	
4.	<i>Написання розділу: «Результати опрацювання даних виробничих та комп'ютерних експериментів»</i>	6.08.23-2.10.23	
5.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	3.10.23-30.10.23	
6.	<i>Написання розділу: «Вартісне оцінення витрат на виконання робіт»</i>	31.10.23-30.11.23	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	1.12.2-19.01.24	

Студент \_\_\_\_\_ Сахнюк А.І.  
 (підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Чухрай В.Є.

УДК: 658.51:631.3

Магістерська робота: 101 с. текст. част., 24 рис., 10 табл., 13 лист., 32 джерел.

Дослідження впливу предметної складової на процес механізованого збирання льону-довгунця в умовах Малого Полісся Львівщини.

Сахнюк А.І. Кафедра АТС ім. проф. Олександра Семковича. – Дубляни, Львівський НУП, 2023.

У роботі проведено аналіз поточного стану вирощування льону-довгунця в Україні та за межами країни. Вивчено існуючі технології механізованого збирання льону-довгунця та технічні засоби для їхньої реалізації.

Розроблено програму для виробничих спостережень, зібрано та проаналізовано вихідні дані, піддано математичній обробці та обґрунтовано розподіли тривалості фаз стиглості льону-довгунця для умов Малого Полісся Львівщини.

Визначено вплив площі збирання (для визначеного комплексу машин) на планові обсяги робіт у різних фазах стиглості. Також встановлено статистичні характеристики тривалості природно дозволеного фонду часу для виконання технологічних операцій збирання льону-довгунця в умовах Малого Полісся Львівщини.

Розроблено алгоритм статистичного імітаційного моделювання механізованого процесу збирання льону-довгунця, що дозволяє вивчити стохастичність тривалості природно дозволеного фонду часу. Також проведено аналіз умов праці, побуту і профілактики травматизму на підприємстві, розроблено логіко-імітаційну модель травм на виробництві.

Оцінено вартісні аспекти експлуатаційних витрат на виконання робіт.

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

СГП – сільськогосподарське підприємство

КЛМ – комплексу льнозбиральних машин

МТА – машинно-тракторний агрегат

ПК – персональний комп'ютер

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1. Стан та перспективи виробництва льону-довгунцю в Україні та за кордоном .....	10
1.2. Аналіз ринку технічних засобів .....	16
1.3. Технологічні особливості механізованого процесу збирання льону-довгунцю .....	23
Висновки до розділу 1 .....	28
2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	29
2.1. Біологічні особливості досягання льону-довгунця в часі .....	29
2.2. Концептуальна модель механізованого процесу збирання льону-довгунцю .....	33
2.3. Аналіз чинників ефективності збирання льону-довгунця та обґрунтування критеріїв ідентифікації подій, які вони зумовлюють .....	37
Висновки до розділу 2 .....	44
3. МЕТОДИКА ВИРОБНИЧИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА ЇХ МАТЕМАТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ .....	45
3.1. Методика збору статистичних даних та оцінення ймовірності подій у механізованому процесі збирання льону-довгунця .....	45
3.2. Методика опрацювання результатів виробничих експериментів на підставі методів математичної статистики ..	49
3.3. Методика опрацювання результатів виробничих експериментів на підставі методів кореляційно-регресійного аналізу .....	53
3.4. Алгоритм та комп’ютерна програма статистичного імітаційного моделювання перебігу механізованих процесів збирання льону-довгунця у часі .....	58

Висновки до розділу 3 .....	64
4. РЕЗУЛЬТАТИ ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ВИРОБНИЧИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ .....	65
4.1. Результати дослідження предметної складової механізованого процесу .....	65
4.2. Результати імітаційного моделювання процесів механізованого збирання льону-довгунця .....	70
Висновки до розділу 4 .....	72
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	73
5.1. Аналіз чинників небезпеки механізованого процесу .....	73
5.2. Моделювання виникнення травм та аварій .....	74
5.3. Розробка логічно-імітаційної моделі травм у процесі збирання льону-довгунця .....	76
5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	79
Висновки до розділу 5 .....	81
6. ВАРТІСНЕ ОЦІНЕННЯ ВИТРАТ НА ВИКОНАННЯ РОБІТ У МЕХАНІЗОВАНОМУ ПРОЦЕСІ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ .....	82
Висновки до розділу 6 .....	88
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	90
ДОДАТКИ .....	94

## ВСТУП

Льон-довгунець – основна прядивна культура в Україні. Вона дає два цінних продукти: волокно і насіння. Основна продукція льону-довгунця – волокно утворюється у стеблах. Від урожаю і якості стебел залежить вихід і якість волокна, якого залежно від сорту та умов вирощування, може бути 20 – 30%. У довгих і тонких стеблах воно кращої якості, ніж у товстих і коротких.

Біологічна особливість льону-довгунця полягає в тому, що технологічна стиглість стебел настає дещо швидше ніж насіння, а це створює ряд труднощів, пов'язаних із визначенням початку збирального процесу.

Тому, надзвичайно важливим є отримати знання про закономірності процесів якісного перетворення льону-довгунця та інформації щодо їх зміни, що уможливить створення алгоритму обґрунтованих рішень про доцільність виконання тих чи інших робіт (технологічних операцій) з метою запобігання неефективних енергетичних витрат та втрат вирощеного врожаю.

**Мета роботи** – дослідити вплив предметної складової на формування природно дозволеного фонду часу виконання механізованого процесу збирання льону-довгунцю в умовах Малого Полісся Львівщини.

### **Завдання дослідження:**

1) Провести аналіз сучасного стану питання в практиці та теорії, що стосується механізованого процесу збирання льону-довгунцю.

2) Проаналізувати методи та моделі дослідження параметрів комплексів сільськогосподарських машин, зокрема тих, які використовуються для збирання льону-довгунця.

3) Визначити науково-методичні основи дослідження процесу формування природно дозволеного фонду часу для механізованого збирання льону-довгунцю в умовах Малого Полісся Львівщини. Розглянути чинники, які впливають на нього.

4) Розробити метод кількісної оцінки тривалості природно дозволеного фонду часу для механізованого збирання льону-довгунцю та створити модель,



що дозволить кількісно оцінити часові параметри процесу.

5) Розробити алгоритм, створити модель та змоделювати показники предметної складової для періоду збирання льону-довгунцю. Встановити статистичні характеристики тривалості природно дозволеного фонду часу на виконання робіт з механізованого збирання льону-довгунцю в умовах Малого Полісся Львівщини.

**Об'єкти дослідження** – процес механізованого збирання льону-довгунцю та показники предметної складової цього процесу, які формують природно дозволений фонд часу на його виконання.

**Предмет дослідження** – дані агрометеорологічної станції щодо предметної складової, показники тривалості природно дозволеного фонду часу на виконання механізованого процесу збирання льону-довгунцю.

**Методи дослідження.** У роботі використані методи: математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу; аналізу та синтезу сукупної дії предметного, агрометеорологічного та біологічного чинників; графоаналітичного аналізу, опрацювання даних.

# 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1. Стан та перспективи виробництва льону-довгунцю в Україні та за кордоном

Льон-довгунець вирощується в різних регіонах України, зокрема, в поліських районах Волинської, Житомирської, Київської, Рівненської, Сумської та Чернігівської областей. Також його вирощують у передгірних і гірських районах Івано-Франківської, Львівської й Чернівецької областей, а також в окремих районах Тернопільської та Хмельницької областей.

Льон-довгунець відрізняється унікальністю як технічної культури. Під час збирання та подальшої переробки він практично не залишає відходів. Отримана сировина складається з трести або соломи та насіння. Під час подальшої обробки з трести виділяється волокно, яке може використовуватися для виробництва тканин – як побутових, так і технічних. Костра, отримана під час переробки, містить до 65% целюлози і використовується для виробництва паперу, картону, технічного спирту та як наповнювач для меблевих плит.

Олія, яку отримують з насіння льону-довгунця, має широкий спектр застосувань – в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості. Макуха, що залишається після видобутку олії, містить значну кількість харчових речовин і слугує відмінним кормом для тварин, містячи 1,15 кормових одиниць та 260 г перетравного протеїну. Такий використання всіх компонентів льону-довгунця свідчить про його важливий внесок у різні галузі промисловості та сільського господарства. [15].

До середини 1990-х років Україна вважалася видатним світовим виробником та експортером льоноволокна та продукції лляної промисловості. Середньорічна площа під посівами льону-довгунця до 1995 року становила 160-170 тис. гектарів. Валовий збір волокна та насіння

складав відповідно 105-110 тис. тонн та 45-50 тис. тонн. Врожайність волокна досягала 8-9 центнерів на гектар, а насіння – 2,5-3 центнери на гектар.

Отримання таких високих показників було можливим завдяки значній державній підтримці галузі. До 1995 року державні дотації становили до 40-45% виробничих витрат. Системи доплат за реалізацію трести льону відповідно до календарних термінів до 1991 року сприяли високій рентабельності виробництва, яка становила в Україні в середньому 132-146%.

На той період льон-довгунець вважався найбільш прибутковою культурою. Він займав 6-8% у структурі посівів багатьох сільськогосподарських підприємств і забезпечував до 70% грошових доходів від рослинництва. Такий успіх був результатом ефективної державної підтримки, яка допомагала забезпечити стабільність та прибутковість виробництва льону-довгунця в Україні. [5, 6].

Обвал льонарства в Україні в 1995 році визначив серйозні труднощі для сільськогосподарських підприємств. Відсутність державних та обласних дотацій, а також кредитних ресурсів призвела до того, що багато сільськогосподарських підприємств почали вважати льон збитковою культурою. З 1995 по 2000 роки виробництво льону-довгунця значно скоротилося, площі посіву знизилися до 12 тис. гектарів, урожайність волокна впала до 2 центнерів на гектар.

Відсутність інтересу та фінансової підтримки також призвела до занепаду і ліквідації підприємств первинної переробки льону-довгунця в 2000 році. Брак сировини та оборотних коштів стали причиною втрати потенційно важливої галузі.

Внаслідок цих подій, з 1991 року по сьогоднішній день, площі посіву льону-довгунця в Україні скоротилися більш ніж у 65 разів (рис. 1.1), валовий збір волокна зменшився майже у 150 разів (рис. 1.2), врожайність вдвічі (рис. 1.3). Крім того, Україна втратила свої позиції на світовому ринку, знижуючи свою

частку з 15% у 1990–1992 роках до 0,1% у 2021 році. Це свідчить про серйозні труднощі, які супроводжували розвиток льонової промисловості в Україні протягом цього періоду. [5, 6].

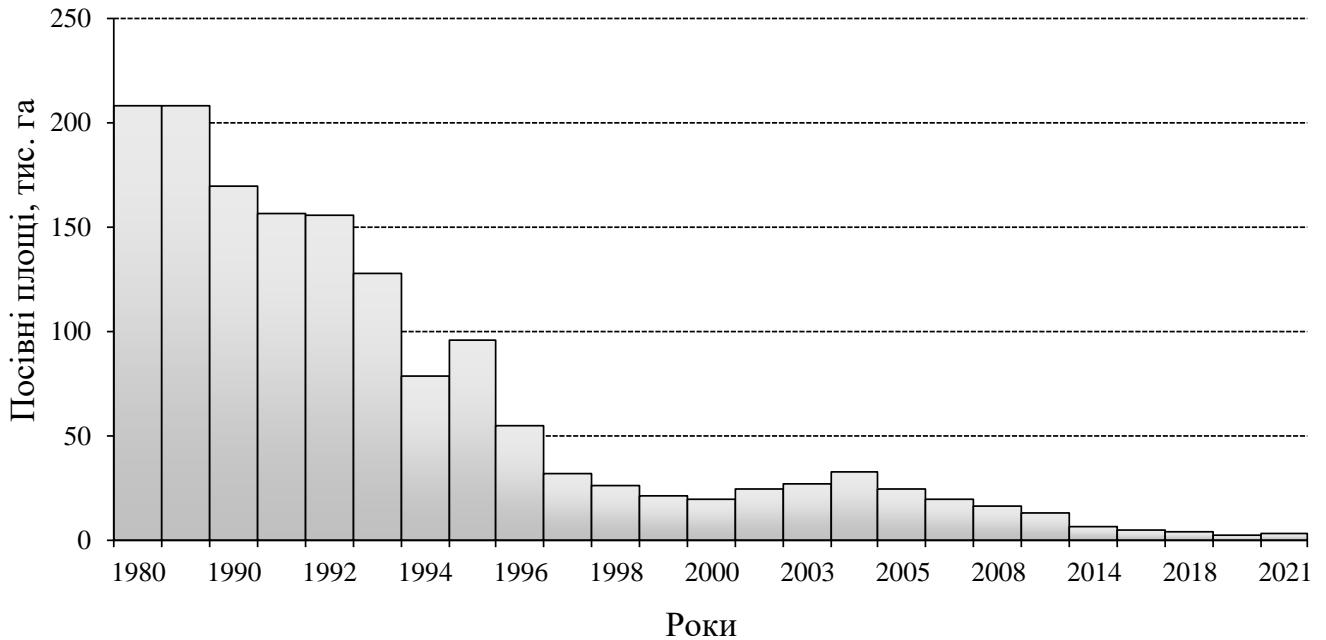


Рисунок 1.1 – Динаміка посівних площ льону-довгунця в Україні

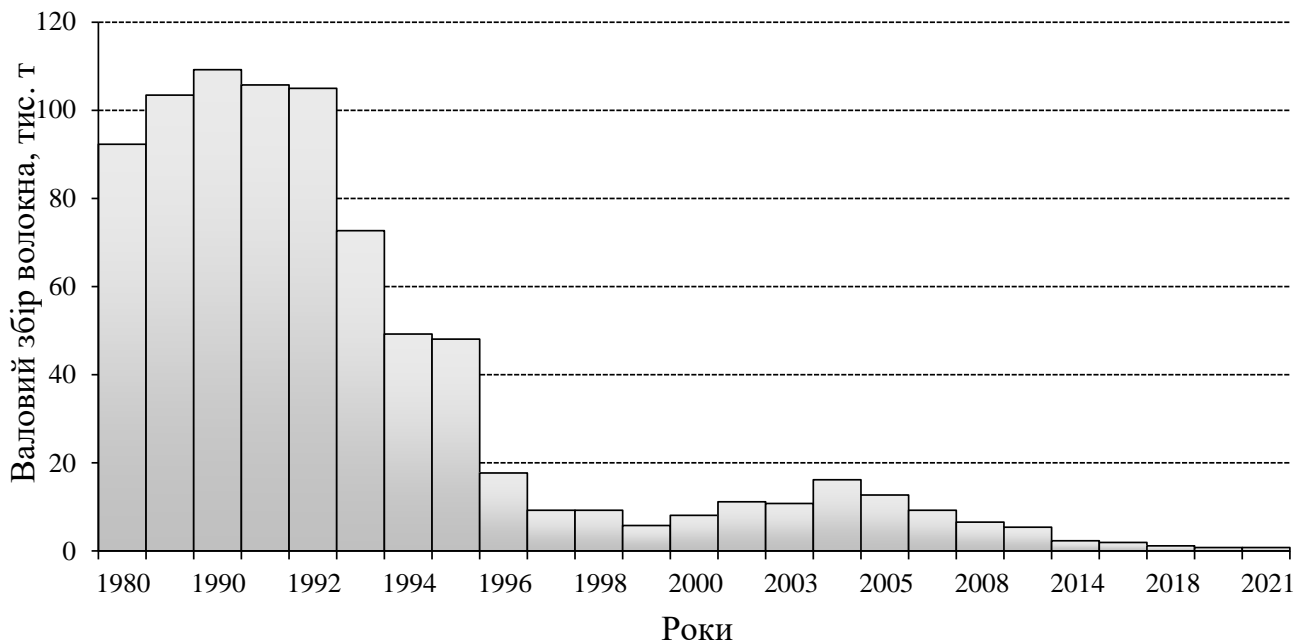


Рисунок 1.2 – Динаміка зміни валового збору волокна льону-довгунця в Україні

Сучасний стан льонарства в Україні можна охарактеризувати як стагнацію, і це обумовлено кількома ключовими причинами:

1. Диспаритет цін – нерівновага у цінах на льон та його вироблені продукти призвело до економічних труднощів для виробників.

2. Порушення або втрата економічних, виробничих і технологічних зв'язків – втрата зв'язків у ланцюгу виробництва та постачання ускладнила виробництво та збут льонових продуктів.

3. Енергетичні та трудові затрати на збиральних роботах – великі витрати енергії та праці на етапі збирання льону спричинили збільшення виробничих витрат.

4. Втрата ринків збуту.

Щодо сортів льону-довгунця, які занесені до Державного реєстру сортів рослин України, вказується, що вони дозволяють отримувати якісну тресту з номерами 1,5-2,0. Однак, в процесі приготування трести якість може знижуватися до номера 1,0 і нижче. Це може свідчити про технологічні та якісні виклики, які виникають у процесі переробки льонових волокон. Розв'язання цих питань може включати в себе вдосконалення технологічних процесів та збільшення конкурентоспроможності продукції на ринку.

Дуже обнадійливо відзначити, що незважаючи на економічні труднощі, льонові компанії в Житомирській та Чернігівській областях знаходять нові можливості на міжнародному ринку. Наведений приклад ірландської компанії, яка планує реалізувати інвестиційний проект з виробництва льону на базі Батуринського льонозаводу в Чернігівській області, свідчить про зацікавленість іноземних інвесторів у розвитку галузі в Україні.

Такі інвестиції можуть допомогти розвитку технологій, підвищенню якості продукції та конкурентоспроможності на світовому ринку. Вони також можуть сприяти створенню нових робочих місць і сприяти розвитку місцевих економік.

Цей позитивний крок свідчить про потенціал для відновлення і розвитку льонової промисловості в Україні та використання її економічного потенціалу в умовах глобального ринку. [5, 6].

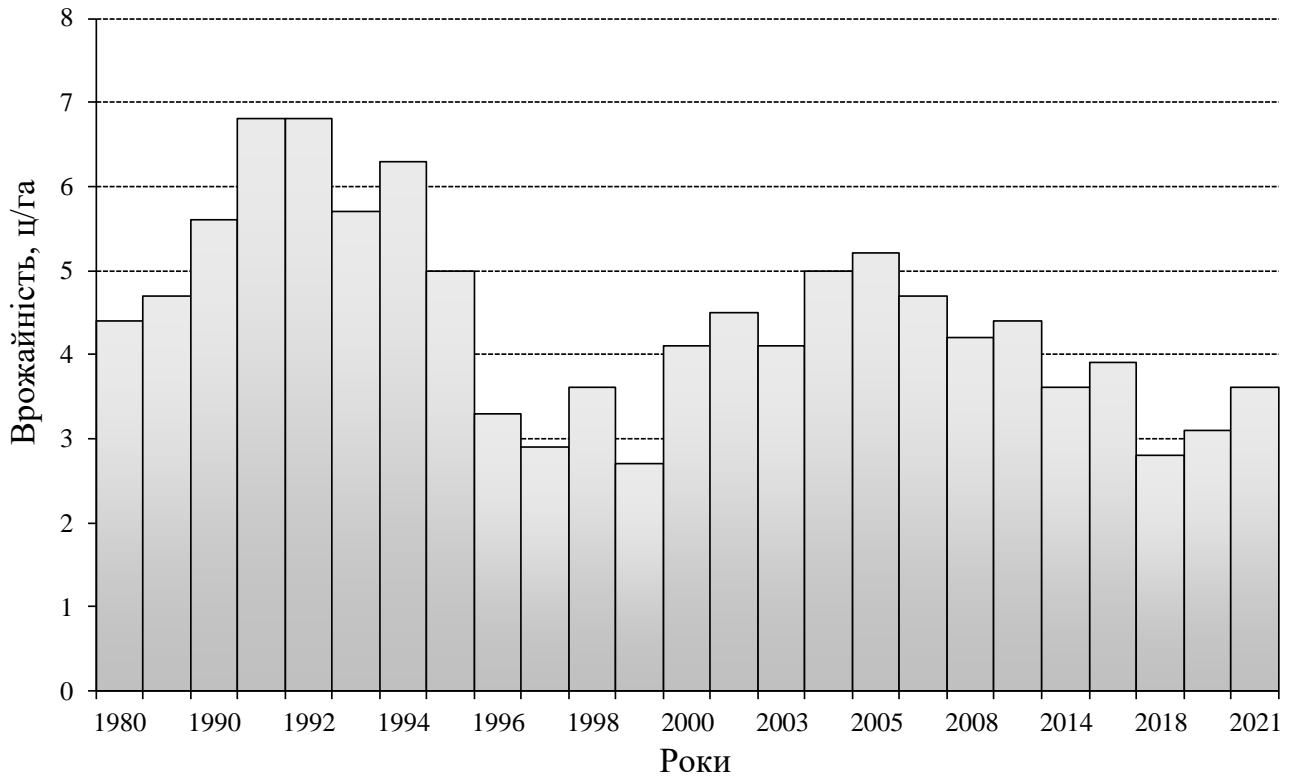


Рисунок 1.3 – Динаміка зміни врожайності волокна льону-довгунця в Україні

Проекти спільної реалізації між французькою компанією "Еліфібр" та Собицьким льонозаводом в Україні є обнадійливими знаками для розвитку льонової галузі. Інвестиції вирощування льону-довгунця та зернових на площі 3000 гектарів, а також у сучасну сільськогосподарську техніку та модернізацію льонопереробних потужностей на суму близько 1,5 мільйона євро можуть сприяти відновленню та підняттю рівня ефективності галузі в регіоні [3].

Рішення компанії Unilever розглядати український ринок як ключовий для закупівлі сировини для своєї виробничої діяльності є важливим кроком, який може призвести до позитивних економічних наслідків для України. Підвищення інтересу такого світового лідера, як Unilever, може допомогти українським виробникам льону-довгунця покращити свої позиції на світовому ринку та стимулювати розвиток галузі.

Важливо враховувати, що після значного зменшення обсягів виробництва льону-довгунця в колишньому Радянському Союзі, країни

Західної Європи за останні 15 років значно збільшили площі посіву цієї культури та об'єми виробництва льоноволокна. Це свідчить про рост інтересу до цієї сировини і попиту на неї в світовому масштабі.

Такий розвиток може принести вигоди українським сільськогосподарським виробникам та економіці в цілому, сприяючи диверсифікації вирощування та збуту сільськогосподарської продукції [3].

Факт, що Франція є найбільшим виробником високоякісної лляної сировини в Європі, свідчить про великий досвід та компетентність у галузі вирощування льону. Зазначений високий рівень виробництва може бути досягнутий завдяки використанню високопродуктивних сортів та передових технологій, що в свою чергу призводить до середньої врожайності волокна в діапазоні 10-15 центнерів на гектар.

Державна підтримка льоносівству включає встановлення квот на виробництво льону-довгунця та надання дотацій на його вирощування у розмірі 300-400 євро на 1 гектар. Це може значно полегшити фінансове навантаження на сільськогосподарські підприємства і забезпечити стабільний розвиток галузі.

Система квот та дотацій може також сприяти регулюванню ринку та забезпеченню стабільної економічної ситуації для виробників льонової сировини в країні [3].

Зазначений аналіз стану льонарства свідчить про значний вплив Китаю на глобальний ринок льону. КНР виявляє інтенсивний розвиток виробництва льону-довгунця, що призводить до значного збільшення посівних площ, врожайності та обсягів виробництва сировини.

Динаміка світового розвитку льонарства з 2000 по 2023 рік демонструє певні тенденції:

1. Посівні площі льону зменшилися удвічі – від 350-400 тис. га.
2. Врожайність льону зросла з 6-7 до 12-14 центнерів на гектар.
3. Валовий збір льонопродукції зменшився з 600 до 470 тис. тонн.

Хоча загальний валовий збір льону зменшився на 20-25%, важливо враховувати, що підвищення врожайності забезпечило деяку компенсацію цього зниження.

Для України інтерес до відновлення галузі льонарства є актуальним, і важливим завданням є успішна реалізація механізованих процесів вирощування та збирання льону-довгунця. Це може включати в себе впровадження новітніх технологій та оптимізацію агротехнічних процесів для підвищення ефективності та конкурентоспроможності галузі.

## **1.2. Аналіз ринку технічних засобів**

Комплекс машин для збирання льону-довгунця включає три основні групи:

1. Льонобралки та льонокомбайни: Ці машини призначені для операцій вибирання стебел і обчісування насінєвих коробочок льону. Льонобралки використовуються для вибирання стебел, а льонокомбайни комбінують в собі різні функції, включаючи збирання і обробку.

2. Обертачі та ворущилки: Ця група машин відповідає за приготування трести для подальшої переробки. Обертачі використовуються для обертання та розподілу стебел, а ворущилки допомагають в процесі розпушування та волоконня трести.

3. Прес-підбирачі та фронтальні навантажувачі: Ця група машин відповідає за піднімання трести та її подальше навантаження у транспортні засоби. Прес-підбирачі використовуються для формування рулонів, а фронтальні навантажувачі допомагають у вантаженні трести.

В Україні виробництво техніки для збирання льону-довгунця відбувається на підприємствах, таких як "Білоцерківмаз" та "Уманьферммаш". Проте, в Україні на даний момент не виготовляють весь комплекс машин для



збирання льону-довгунця, а лише окремі його зразки, часто в невеликих партіях.



Рисунок 1.4 – Льнобралка ТЛН-1,5А

<b>Модель</b>	<b>ТЛН-1,5А</b>
Необхідна потужність енергоносія, к.с.	6
Необхідна потужність енергоносія, кВт	4,40
Ширина захвату, м	1,52
Робоча швидкість при поляганні стеблестою 3 бали, км/год	6,40
Робоча швидкість при поляганні стеблестою 5 балів, км/год	8,10
Продуктивність при поляганні стеблестою 5 балів, га/год	1,20
Загальна довжина, мм	4560
Загальна висота, мм	1170
Загальна ширина, мм	2345
Маса, кг	320
Обслуговуючий персонал, чол.	1

Льнобралки розроблені для брання стебел льону з одночасним розстилання їх у стрічку або зв'язування в снопи. Окрім цього, машина використовується для розділення поля на заїнки та підготовки їх до

подальшого механізованого збирання льону. Цей пристрій не лише спрощує процес, але й дозволяє зберігати цифрові показники ефективності та продуктивності під час виконання різних завдань [7, 15].

Льонозбиральна техніка включає в себе льонобралки та льонокомбайни, які спеціалізовані на збиранні льону-довгунця. Льонобралки можуть успішно використовуватися для збирання полеглого льону і можуть бути агреговані з тракторами класу 0,6.

Льонокомбайни виконують більше функцій, включаючи брання льону, обчисування насінневих коробочок, розстилання стебел у стрічку або зв'язування в снопи, а також завантаження льоновороху в причіп. Ці комбайни придатні для збирання льону в різних стадіях стиглості, включаючи ранню жовту, жовту та повну стиглість.

Важливими параметрами використання льонокомбайнів є ухил поля (не більше 10 градусів), густина стеблостою (не більше 3000 штук/м<sup>2</sup>), засміченість (не більше 30%) та полеглисть (не менше 3 балів). Крім того, льонокомбайни оснащені транспортером причіпним пристроєм, що дозволяє комплектувати їх універсальними тракторними причепами для зручності транспортування.

Льонокомбайн ЛК-4А і ЛКВ-4А представляють сучасні технології для ефективного збирання льону-довгунця.

Льонокомбайн ЛК-4А, обладнаний розстилальним щитом, здатний вибирати льон-довгунець з одночасним очищенням та розстиланням його в стрічку на льонищі. Цей підхід робить процес збору льону більш ефективним і швидким. Цей комбайн може бути агрегований з тракторами класу 1,4, що підкреслює його універсальність і можливість використання в різних умовах.

Льонокомбайн ЛКВ-4А відрізняється використанням в'язального апарату, який дозволяє зв'язувати льон-довгунець в снопи. Це зручне рішення для подальшого оброблення та зберігання льону. Також цей комбайн може бути агрегований з тракторами класу 1,4, що робить його доступним для різних сільськогосподарських господарств [7, 15].



Рисунок 1.5 – Льонозбиральний комбайн ЛК-4А

Модель	ЛК-4А	ЛКВ-4А
Необхідна потужність енергоносія, к.с.	30	32
Необхідна потужність енергоносія, кВт	22	23,20
Ширина захвату, м	1,52	1,52
Робоча швидкість при поляганні стеблестою 3 бали, км/год	4-5	3-4
Продуктивність при поляганні стеблестою 3 бали, га/год	0,7	0,5
Робоча швидкість при поляганні стеблестою 5 балів, км/год	6-7	5-6
Продуктивність при поляганні стеблестою 5 балів, га/год	1	0,8
Маса, кг	2100	2300
Загальна довжина, мм	6000	6000
Загальна висота, мм	2700	2700
Загальна ширина, мм	4650	4650

Обертач стрічок льону, такий як ОЛП-1 або ОСН-1Б, є необхідним обладнанням для оптимізації процесу вилежування трести та покращення якості льоносоломки. Цей обертач використовується для огортання льоносоломки, розстеленої льонокомбайном, у стрічки під час вилежування в тресту.

Основна функція обертача – обертання або ворущіння стрічок трести перед підніманням. Робочим органом більшості обертачів є нескінченний перехресний транспортуючий пас з пальцями, розташованими між підбираючим барабаном та приводним шківом.

Обертач стрічок льону також використовується для поліпшення якості трести та прискорення сушіння соломки або трести перед її підбором. Цей процес може важливо вплинути на якість та властивості трести під час подальшого використання.

Важливо зазначити, що обертач може агрегатуватися з тракторами класу 0,6 із приводом робочих органів від ВВП трактора, що дозволяє зручно використовувати його в сільському господарстві. Також його можна використовувати як здвоювач стрічок льону для прискорення збирання. [7, 15].



Рисунок 1.7 – Обертач стрічок льону ОЛП-1

<b>Модель</b>	<b>ОЛП-1</b>
Робоча швидкість, км/год	до 10
Продуктивність, га/год	0,98
Ширина захвату, м	1,50
Загальна ширина, мм	2100
Загальна довжина, мм	2000
Загальна висота, мм	1500
Маса, кг	350

Прес-підбирач ПРП-1,6, після переобладнання, стає надійним обладнанням для підбирання лляної трести з поля та пресування її в тюки циліндричної форми, які представляють собою рулони. Під час цього процесу використовується одночасна прокладка шпагату між шарами трести та обмотка ним рулонів.

Основна функція прес-підбирача полягає в тому, щоб зробити процес підбору та упаковки трести більш ефективним і зручним. Результатом є утворення циліндричних тюків (рулонів), готових до подальшого транспортування та використання.

Цей прес-підбирач агрегується з тракторами класу 1,4 і використовує привід робочих органів від ВВП трактора. Це дозволяє ефективно використовувати його в різних умовах сільськогосподарського виробництва.

Такий прес-підбирач є важливим елементом для оптимізації процесів збору та обробки лляної трести, роблячи їх більш зручними та ефективними для сільськогосподарських господарств [7, 15].



Рисунок 1.8 – Прес-підбирач ПРП-1,6

<b>Модель</b>	<b>ПРП-1,6</b>
Споживана потужність, кВт	до 20
Транспортна швидкість, км/год	25
Продуктивність, га/год	0,6-0,9
Ширина захвату, стрічок	1
Ширина рулону, см	100-120
Діаметр рулону, см	130-160
Щільність пресування, кг/м <sup>3</sup>	до 180
Маса, кг	2340
Загальна довжина, мм	4420
Загальна висота, мм	3150
Загальна ширина, мм	3210

Фронтальний навантажувач ПФ-0,5, разом із пристроєм ПРЛ-0,5, використовується для завантаження рулонів льняної трести в транспортні засоби, такі як тракторні причеми або автомобілі. Це обладнання також служить для укладання рулонів в штабелі. Даний навантажувач може агрегатуватися з тракторами класу 1,4, приводячи робочі органи в рух від ВВП трактора. Агрегування з тракторами класу 1,4 та використання приводу від ВВП трактора робить це обладнання зручним та гнучким у використанні в різних умовах виробництва. [7, 15].



Рисунок 1.9 – Фронтальний навантажувач ПФ-0,5 з пристроєм ПРЛ-0,5 для вантаження рулонів

<b>Модель</b>	<b>ПФ-0,5</b>
Продуктивність: т/год	7-8
рулонів	30-40
Максимальна вантажопідйомність, т	0,5
Максимальна висота підйому, м	7-8
<b>Габарити</b>	
висота, мм	8990
довжина, мм	8880
ширина, мм	2800
Маса, кг	214

### **1.3. Технологічні особливості механізованого процесу збирання льону-довгунцю**

На сьогоднішній день існуючі технології збирання льону-довгунця можна класифікувати наступним чином:

1. Снопова технологія – Включає в себе процес збирання льону в снопи, що може бути зручним для деяких сільськогосподарських умов.

2. Комбайнова технологія – Охоплює використання комбайнів для збирання льону-довгунця. Цей метод дозволяє ефективно та швидко збирати і обробляти льон на полі.

3. Роздільна (двофазна) технологія – Включає в себе процес розділення різних частин льону-довгунця для подальшого оброблення та використання.

Залежно від упаковки льоносоломки виділяють снопову або рулонну технології. У більшості льоносіючих зон України найбільш поширеним є комбайновий метод збирання льону-довгунця. У Європі, зокрема в Бельгії, Нідерландах, Франції та інших країнах, роздільний спосіб збирання льону-довгунця став важливим методом.

Така диверсифікація технологій свідчить про те, що вибір методу збирання може залежати від конкретних умов господарювання, типу ґрунту та технологічних можливостей сільгосп підприємства. [15, 23].

До недавнього часу у всіх країнах, включаючи Україну, широко використовувався метод збору льону-довгунця у вигляді снопів. Згідно із сноповим методом збирання (рис. 1.10 а), виконується послідовність технологічних операцій: відбір льону-довгунця, його зв'язування в снопи, розміщення снопів у "бабки", обмолот снопів, розгортання стебел льона, підняття трости, яка була зв'язана в снопи, збір і завантаження снопів, транспортування трости на льонозавод. Для виконання цього методу розроблено комплекс машин, що включає льонобралку у варіанті навісного обладнання ТЛН-1,5А, льономолотарку МЛ-2,8П, льонорозстиляльну машину ЛРМ-2, а також підбирачі трости в причіпному і напівпричіпному варіантах ПТП-1 і ПТН-1. Зауважимо, що снопова технологія ускладнює технологічний процес збору через необхідність сушіння льону в снопах і транспортування їх на зберігальні площадки, що порушує неперервність виробничого процесу. Крім того, деякі операції, такі як розміщення снопів у "бабки", корекція снопів, і завантаження-розвантаження, практично не піддаються механізації. Дана технологія є витратною та не ефективною з точки зору перспективності [15, 23].

Комбайновий метод збирання (рис. 10 б) включає такі основні операції: відбір льону з одночасним розчісуванням льонокоробочок та розкладанням соломки в стрічки на льонищі, сушіння та обробку льоновороху, піднімання льонотресті та її пресування в тюки або рулони, а також навантаження та транспортування на льонозавод.

На сьогоднішній день ключовою машиною для комбайнового збирання льону-довгунця є льонозбиральний комбайн ЛК-4А. Проте використання цього комбайна вимагає паралельного впровадження інших технологічних процесів для обробки його продукту - лляного вороху. Це включає в себе використання сушарок та молотарок для розмолу коробочок і вилучення насіння. Таким чином, впровадження комбайнової технології супроводжується додатковими капіталовкладеннями. Це призвело до того, що впровадження цієї технології в



Україні тривало і вимагало значних витрат. Однак на початку 1990-х років практично весь льон в Україні уже збирався льонокомбайнами [15, 23].

Льонокомбайн ЛК-4А був успішно адаптований до різноманітних умов роботи, урахуваючи різні стани стеблестої льону в різних зонах і підзонах України, а також в окремі роки в залежності від погодних умов. Це дозволяло забезпечувати надійність процесів збирання та збереження льонопродукції.

На основі попередніх та сучасних досліджень і технічних розробок можна розробити оптимальну модель комплексу машин в рамках концепції енерго- і ресурсозберігання. Це важливо не лише для процесу збирання, а й для всього циклу вирощування льону-довгунця. Перехід від інтенсивного обробітку ґрунту та великих доз мінеральних добрив до комплексного використання систем мінімального обробітку ґрунту є актуальним і необхідним кроком. Це вимагає швидкого проведення ґрунтових досліджень з метою ефективного впровадження отриманих результатів у сільське господарство. У кінцевому результаті це може призвести до поліпшення умов для вирощування льону, збільшення врожайності, покращення якості льонопродукції та зменшення витрат праці.

Оскільки комбайнова технологія є добре вивченою та ймовірно буде широко застосовуватись в льонарстві України й надалі, важливо проводити дослідження та вдосконалювати окремі її елементи в технологічних процесах за допомогою нових машин.

Роздільний (двофазний) спосіб збирання (рис. 10 в) включає в себе наступні кроки. Льон-довгунець вибирається за допомогою льонобралки і розкладається на полі у вигляді стрічки, яка піддається природньому сушінню. Після того, як стрічка висохне, її піднімають і проводять обмолот, а соломі знову розстилають на льонищі. Після отримання трести, її піднімають, пресують у тюки або рулони та транспортують на льонозавод. Льоноворох, отриманий в результаті цього процесу, піддається обробці на насіннеочисній машині.

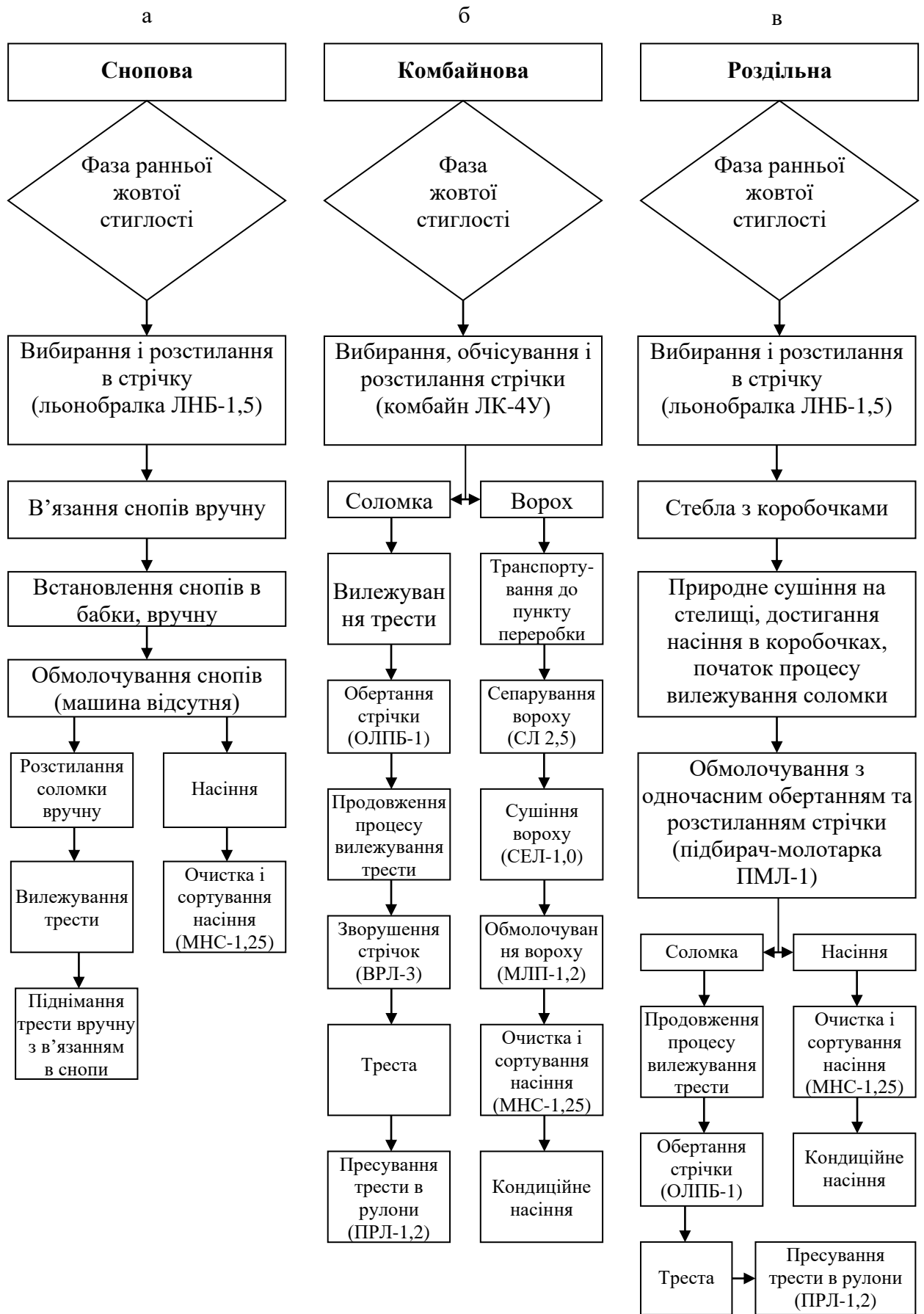


Рисунок 1.10 – Структурна схема технологій збирання льону-довгунцю

Комплекс машин для роздільного способу збирання включає в себе такі елементи: льонобралка ТЛН-1,5А, льонопідбирач-молотарка ПМЛ-1, прес-підбирач ПРП-1,6М та насіннєочисну машину МНС-1,25. Ці машини працюють у взаємодії для забезпечення ефективного та продуктивного процесу збирання та обробки льону-довгунця, що дозволяє досягти високої якості льонопродукції [15, 23].

Роздільний спосіб збирання дійсно вигідний через послідовність його етапів, що значно зменшує трудові витрати і загальну вартість збирання. Проте, ефективність цього методу суттєво залежить від погодних умов і виявляється найбільш ефективним у регіонах із сприятливим кліматом.

Порівняльний аналіз трьох способів збирання льону-довгунця підкреслює переваги комбайнового методу. По-перше, комбайновий спосіб може бути застосований у всіх кліматичних зонах, незалежно від погодних умов. По-друге, він забезпечує потоковість збирання, усуваючи ряд операцій, які вимагають ручної праці в інших методах, таких як в'язання снопів, їх установка в "бабки", корекція снопів і т.д.

Отже, в залежності від кліматичних умов та доступності ресурсів, кожен з методів може бути оптимальним для конкретних умов вирощування льону-довгунця.

Комбайновий метод збирання льону-довгунця, хоча і забезпечує всепогодність і високу продуктивність, призводить до значних втрат льоновроху, які можуть сягати до 30% і більше. Для сушіння 1 тонни сухого льоновроху застосовується 200 кг рідкого палива.

У той час як цей метод забезпечує меншу схожість насіння, і врожайність льоносоломки нижча на 15%, порівняно з роздільним методом збирання, він є більш універсальним і підходить для різних погодних умов в Україні.

Дослідження показує, що роздільний метод збирання льону-довгунця має кращі якісні характеристики. Він забезпечує вищий вихід волокна і майже виключає втрати насіння, досягаючи схожості на рівні 92%, порівняно з 80%

при комбайновому збиранні. Крім того, витрати рідкого палива на сушіння 1 тонни сухого вороху зменшуються не менш як в три рази.

Зауважимо, що широке застосування роздільного методу обмежується погодними умовами під час збирання врожаю, особливо в деяких зонах України.

## **Висновки до розділу 1**

1. Аналіз статистичної інформації щодо виробництва льону-довгунця в Україні вказує на початок різкого спаду цієї галузі, який спостерігається з середини 90-х років. Однією з основних причин цього спаду є відсутність державної підтримки. Недостатня увага та фінансування з боку держави призвели до занепаду та ліквідації підприємств, які займалися первинною переробкою льону-довгунцю.

2. Відродженню льонарства в Україні дійсно ускладнюється фізична і моральна застарілість існуючої збиральної техніки. Наявність застарілої техніки може обмежити ефективність та продуктивність виробництва льону-довгунця. Брак сучасних інструментів може ускладнити конкурентоспроможність українських виробників на світовому ринку. Крім того, відсутність підприємств в Україні, що виготовляють сучасну збиральну техніку, ускладнює можливість модернізації галузі. Розвиток нових технологій та впровадження сучасного устаткування є ключовими факторами для підвищення ефективності та конкурентоспроможності в сільському господарстві.

3. Аналіз існуючих способів збирання льону-довгунця виявив важливі залежності між механізованими технологічними операціями та предметною складовою у порівнянні з технологіями збирання інших сільськогосподарських культур. Це може впливати на вибір оптимального методу збирання та визначати ефективність виробничих процесів.

## **2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1. Біологічні особливості досягання льону-довгуня в часі**

Ляний довгунець - це рослина, яка проявляє невеликі вимоги до тепла. Вона підходить для вирощування в помірних кліматичних умовах, де є помірна теплота, і навіть прохолодна погода, не супроводжується різкими коливаннями температури між днем і ночью. Зростання льону в умовах високої температури (понад 22°C) може негативно позначитися на висоті стебла і якості волокна. Насіння починає проростати при температурі 3-5°C, а дружні сходи з'являються при прогріванні ґрунту до 7-9°C. Молоді рослини можуть витримувати невеликі заморозки до мінус 3,5-4°C. Оптимальні температури для різних етапів росту рослин такі: в період сходів – 9-12°C, в етапі росту – 14-16°C, а на етапі цвітіння і формування насіння – 16-18°C [7, 12].

Льон-довгунець виявляє високу вимогливість до вологи, і його успішне вирощування можливе лише в зоні, де забезпечено достатнє зволоження. Під час проростання насіння він поглиблює воду в кількості, що дорівнює його власній масі. Найбільше волі він потребує під час активного росту стебла та цвітіння.

Недостаток води в ґрунті під час формування бутонів та цвітіння може призвести до відмирання верхньої частини стебла та навіть загибелі посівів. Після цвітіння льон стає менш вимогливим до вологи. На жаль, часті дощі в цей період можуть спричинити розвиток грибкових захворювань, вилягання та підгнивання рослин, що ускладнює механізоване збирання, втрату частини врожаю та погіршення його якості.

Важливо враховувати, що рослини льону не терплять надмірної вологості в ґрунті. Льон погано росте на перезволожених ґрунтах та на полях з високим заляганням ґрунтових вод [7, 12].

Льон відноситься до рослин, які не висувають високих вимог до освітлення. Проте для нормального росту і розвитку цієї культури необхідно, щоб тривалість дня була достатньою, а інтенсивність сонячного світла була належною. Рання сівба і скорочення тривалості дня можуть сповільнити процеси росту рослин, призводячи до утворення довших стебел. Оптимальними умовами для льону є хмарна погода та густі посіви, що сприяють виростанню тонких, мало розгалужених стебел з великою кількістю високоякісного волокна. При інтенсивному сонячному світлі може відбуватися збільшення гілкування, що може зменшити технічну довжину стебла.

Щодо ґрунтів, льон-довгунець потребує структурного родючого і окультуреного ґрунту зі слабкою кислотністю (рН 5,9-6,5). Він найкраще росте на дерново-підзолистих суглинистих або суглинисто-супіщаних ґрунтах. Добрі врожаї також можна отримати на удобрених дерново-підзолистих супіщаних і дерново-буроземних ґрунтах.

Льон-довгунець не є відповідним для легких піщаних і супіщаних ґрунтів, оскільки ці ґрунти бідні поживними речовинами і погано утримують вологу. На піщаних ґрунтах він страждає від посухи. Також непридатні для нього важкі глинисті ґрунти, які повільно прогриваються навесні і утворюють кірку після дощу, що утруднює виходження ніжних проростків льону на поверхню ґрунту. Не рекомендується сіяти льон на кислих торфових ґрунтах, а на вапнякових ґрунтах формується грубе і крихке волокно.

Збір льону слід проводити у той момент стиглості, коли в стеблах найбільше волокна доброї якості, а насіння підходить для сівби і технічної переробки. Наступність та тривалість окремих фаз стиглості залежать від кліматичних умов, системи удобрення та сорту рослин [7, 12].

У стадії зеленої стиглості, коли стебла та коробочки залишаються зеленими, а листя жовтіє лише у нижній частині рослин, цифрові характеристики можна відображати так:

У фазі зеленої стиглості стебла і коробочки залишаються зеленими,

листя починає жовтіти тільки в нижній частині рослин. Насіння досягає молочної фази стиглості, при збиранні стає щуплим, має низьку схожість. Нагромадження волокна в стеблах ще не закінчилося, тому й вихід довгого волокна низький. Волокно тонке, шовковисте, але не міцне. З нього виготовляють батист, мережива.

У стадії ранньої жовтої стиглості рослини жовтіють, крім верхніх листків. Насіння в 65-75% жовто-зелених коробочок світло-зелене з жовтим носиком. Решта коробочок - жовті з жовтим насінням. Волокно повністю сформувалося. При збиранні в цій фазі одержують максимальний вихід високоякісного волокна.

У етапі жовтої стиглості, який настає через 5-6 днів після ранньої жовтої стиглості, характеристики можна відобразити наступним чином:

Жовта стиглість настає через 5-6 днів після початку ранньої жовтої стиглості. Листя жовте, майже повністю осипається. У 50% коробочок насіння жовте, в решті світло-коричневе, трапляється жовто-зелене. В оболонках волокнистих клітин нагромаджується лігнін, який спричинює відносно більше здерев'яніння волокна. Якість волокна в цій фазі дещо погіршується (воно жорсткіше, не еластичне).

У етапі повної стиглості стебла льону безлисті. Вони, як і коробочки, мають бурий колір, а насіння коричневе. Коробочки частково розтріскуються, що призводить до втрат насіння. Інтенсивно відбувається здерев'яніння оболонок волокнистих клітин. Якість волокна такого льону найнижча [12, 28].

Фази стиглості і строки збирання льону можна встановити за абсолютною вологістю насінних коробочок. Кожній фазі стиглості відповідає певна вологість коробочок (табл. 2.1).

Для прискорення початку збиральних робіт, вирівнювання дозрівання насіння льону, підвищення його схожості та зниження затрат на сушіння, використовують десикацію. Це особливо важливо на насінницьких посівах. Десикацію проводять у фазі ранньої жовтої стиглості льону, коли посіви починають набувати жовтувато-зеленого кольору. Від кінця цвітіння до часу

десикації повинно пройти 25-30 днів. Важливо уникати дуже ранньої десикації (на етапі зеленої стиглості), оскільки це може зробити насіння щуплим.

Для проведення десикації використовують препарати, такі як гліфоган або раундап, з нормою застосування 3 л/га. Збирання льонопродукції рекомендується проводити через 14 днів після обприскування посівів.

Таблиця 2.1 – Відповідність вологості коробочок до фаз стиглості льону-довгунцю [7, 12]

Фаза стиглості	Вологість насінневих коробочок, %
Повна	29-10
Жовта	69-30
Рання жовта	139-70
Зелена	230-140*

\* Перший показник це вологість на початку, а другий в закінченні фази стиглості

Крім підсушування рослин льону, десиканти-гербіциди також здатні знищувати зелені бур'яни, включаючи багаторічні, такі як пирій, і очищають поле для наступної культури у сівозміні.

Збирання льону-довгунця розпочинають через 2-3 дні після настання ранньої жовтої стиглості, а основну кількість площ збирають у фазі жовтої стиглості. Процес завершують протягом 10-12 днів у фазі жовтої стиглості. Цей підхід дозволяє забезпечити оптимальну якість та вихід волокна, а також забезпечити ефективне управління польовими роботами в рамках сівозміни.



## **2.2. Концептуальна модель механізованого процесу збирання льону-довгунцю**

Концептуальна модель досліджуваного об'єкту відрізняється від його чисто словесного опису певним рівнем формалізації. Однак цей рівень формалізації ще не досягає такої високої точності, яку можна б назвати математичною. Концептуальну модель можна уявляти як абстрактну систему, яка заміщає сам об'єкт при його дослідженні, але на даному етапі не ставиться завдання вичерпного математичного опису процесу функціонування цієї системи.

Хоча концептуальна модель використовує формалізовані елементи, що дозволяє виражати її у термінах систематизованих концепцій, внутрішня структура цієї моделі може залишатися недостатньо деталізованою з точки зору формування математичного опису. Опис функціонування елементів концептуальної моделі може використовувати математичні співвідношення неявного типу або навіть словесні описи. Взаємозв'язки між елементами також можуть мати узагальнений характер.

Тим не менше, рівень формалізації і деталізації концептуальної моделі повинен бути достатнім для того, щоб чітко формулювати всі завдання дослідження об'єкту. Хоча описи можуть залишатися узагальненими чи неявними, вони повинні задовольняти вимоги поставлених завдань [30, 31].

Концептуальна модель, окрім того, що віддзеркалює концепцію дослідника щодо суті процесу функціонування досліджуваного об'єкту, також надає можливість раціонального вибору методу для розв'язання поставлених завдань. Неформальний, але чіткий і цілісний опис основних закономірностей процесу функціонування об'єкту дозволяє досліднику легше розуміти і аналізувати даний процес в контексті визначених цілей дослідження.

Хоча використання методу імітаційного моделювання вже розглядається, важливість концептуальної моделі виходить за межі конкретного методу дослідження. Етапи формулювання завдань дослідження та побудови

концептуальної моделі є обов'язковими у будь-якому дослідницькому підході, незалежно від вибраного методу. Ці етапи є ключовими для правильного розуміння та аналізу об'єкту дослідження.

Метод імітаційного моделювання може бути високозатратним, тому його вибір має бути обґрунтованим. Концептуальна модель допомагає досліднику аргументовано обирати метод дослідження, дозволяючи навести наочний і неформальний опис основних аспектів функціонування об'єкту, який визначає його цілісність та сприяє правильному визначенню завдань та методів їх розв'язання [30, 31].

Розробка концептуальної моделі процесів збирання льону-довгунця включає кілька етапів, які дозволяють у словесній формі описати та уточнити його зміст. Цей процес ведеться через конкретні кроки, які розглядають сутність процесів. Серед цих етапів можна виокремити наступні: визначення і орієнтація; стратифікація; деталізація; локалізація; структуризація і управління; виділення процесів та відображення станів.

Під час етапу визначення та орієнтації розглядаються показники, які характеризують технологічну складову процесів. Оскільки якісні та кількісні показники врожаю залежать від різних факторів, таких як спосіб збирання, агрометеорологічні умови, рівень механізації та інші, то на цьому етапі визначаються властивості, які має мати технологічна складова процесів.

На етапі стратифікації виокремлюються ключові компоненти технологічної системи процесів, такі як поле під льоном, машини для збирання, транспортування вороху, приготування та піднімання трести, навантаження та транспортування (табл. 2.2).

Під час етапу деталізації концептуальної моделі визначаються окремі елементи складових технологічної системи процесів. Це включає виокремлення конкретних дій і компонентів, які сприяють ефективності та результативності процесів збирання льону-довгунця.

На етапі локалізації виокремлюється вплив зовнішнього середовища, зокрема агрометеорологічних умов, на досліджувану технологічну систему

процесу механізованого збирання. Цей вплив виявляється в зміні стану об'єкта праці (льону) і виражається в термінах початку та природно допустимої тривалості збиральних робіт у механізованих процесах. Отже, враховується взаємодія технологічної системи з оточуючим середовищем для оптимізації умов збирання льону-довгунця.

Таблиця 2.2 – Елементи складових технологічної системи процесів механізованого збирання льону-довгунця

Складові	Елементи
Поле під льоном (Пл)	Конфігурація поля, стан ґрунту, рельєф, ухил поля, стан льону, врожайність
Техніка для вибирання льону ( $T_{в.л}$ )	Льонобралки, льонокомбайни, трактори
Техніка для очісування стебел ( $T_{о.с}$ )	Льонокомбайни, підбирачі-очісувачі, трактори
Техніка для транспортування вороху ( $T_{в}$ )	Трактори, причеи
Техніка для приготування трести ( $T_{п.т}$ )	Обертачі, ворущилки
Техніка для підбирання трести ( $T_{під}$ )	Прес-підбирачі
Техніка для навантаження трести на ТЗ ( $T_{н.т}$ )	Фронтальні навантажувачі
Техніка для транспортування трести (у рулонах) ( $T_{т.т}$ )	Трактори, звичайні та спеціальні причеи

На етапі структуризації та управління визначаються матеріальні зв'язки для комбайнового та роздільного способів збирання льону-довгунця. Для комбайнового методу (Пл-( $T_{в.л}$ -  $T_{о.с}$ ) - $T_{в}$ - $T_{п.т}$ ;  $T_{п.т}$ - $T_{під}$ ;  $T_{під}$ - $T_{н.т}$ ;  $T_{н.т}$ - $T_{т.т}$ ) та роздільного методу (Пл-  $T_{в.л}$ ;  $T_{в.л}$  - $T_{о.л}$ ;  $T_{о.л}$  - $T_{в}$ ;  $T_{в}$  - $T_{п.т}$ ;  $T_{п.т}$ -  $T_{під}$ ;  $T_{під}$ -  $T_{н.т}$ ;  $T_{н.т}$ - $T_{т.т}$ ) уточнюються інформаційні та речовинні зв'язки між різними елементами системи.

Інформаційні зв'язки включають в себе дані щодо предметних та агрометеорологічних характеристик, таких як стан ґрунту, стеблостій льону-

довгунця, прогноз агрометеорологічних умов, а також інформацію про планові та реалізовані обсяги виконання окремих робіт у механізованих процесах.

Речові зв'язки включають переміщення машин по полю під час виконання робіт, процес перетворення соломки в тресту та переміщення її і вороху з поля на склад тощо.

На етапі виділення процесів (робіт) для роздільного та комбайнового способів збирання виокремлюються конкретні дії. Роздільний спосіб включає вибирання стеблостою без очісування, з розстиланням на льонищі, підбирання стебел з очісуванням, обертанням та укладанням на льонищі. Комбайновий спосіб передбачає вибирання стеблостоб з очісуванням та розстиланням на льонищі. Обидва способи включають спільні роботи під час приготування трести на льонищі, такі як багаторазове обертання чи ворущіння розстеленої стрічки, підбирання стрічки та формування рулонів.

На етапі відображення станів технологічної системи передбачається вибір параметра (параметрів) ( $s$ ) для кожного елемента системи, значення якого змінюється впродовж виконання механізованих процесів та відображає його стан у конкретний момент часу ( $t$ ). Серед таких елементів входять предметні та агрометеорологічні характеристики процесу, а також параметри технічного забезпечення, такі як поле, льон, погода та машини.

Ці параметри можуть включати, наприклад, стан ґрунту, висоту стебла льону-довгунця, температуру повітря, швидкість руху машин, рівень вологості тощо. Відображення стану цих параметрів у конкретний момент часу дозволяє отримати детальну інформацію про хід та ефективність механізованих процесів збирання льону-довгунця, а також вчасно виявляти можливі проблеми та вдосконалювати процес [30, 31].

У відношенні до облаштування поля, воно може перебувати в різних станах, таких як "під льоном" і "встелене лляною стрічкою".

Щодо об'єкта праці – льону-довгунця, ростущого на полі, можна виділити наступні стани: рання жовта, жовта та повна фази стиглості, вибраний льон,

який знаходиться у стрічці, очищена стрічка, обернена стрічка, стрічка в рулоні, виділений насінневий ворох і т. д.

Вплив агрометеорологічних умов на об'єкт праці обумовлює його перебування у двох станах: 1) придатному для збирання; 2) непридатному для збирання. Це стосується кожної з згаданих фаз стиглості льону-довгунця.

### **2.3. Аналіз чинників ефективності збирання льону-довгунця та обґрунтування критеріїв ідентифікації подій, які вони зумовлюють**

Множина показників ефективності ( $\{E_k\}$ ), за якими оцінюється процес механізованого збирання льону-довгунця, зумовлена впливом різних груп чинників. Серед них варто відзначити предметні ( $Pr$ ), агрометеорологічні ( $Am$ ), технологічні ( $Tl$ ), природно-виробничі ( $Pv$ ), технічні ( $Tn$ ), організаційно-стратегічні ( $Os$ ), організаційно-тактичні ( $Ot$ ), соціальні ( $C$ ), інформаційні ( $I$ ) та ринково-кон'юнктурні ( $Pk$ ) чинники. У взаємодії цих груп чинників під час виконання механізованих процесів існує ймовірність виникнення флуктуацій. Ці флуктуації виявляються у відхиленні часу та якості виконання робіт [22, 24, 32].

Отже, залежність  $\{E_k\}$  від означених чинників формалізовано можна виразити наступним чином:

$$\{E_k\} = f(Pr, Am, Tl, Pv, Tn, Os, Ot, C, I, Pk). \quad (2.1)$$

Розкриття цієї залежності вимагає детального вивчення кожного чинника, розуміння їх взаємодії та впливу на перебіг механізованих процесів збирання льону-довгунця.

Предметна група чинників ( $Pr$ ) процесів збирання характеризується рядом показників, таких як група сорту (ранньостигла, середньостигла чи пізньостигла), терміни досягання різних груп сортів на окремих полях, урожайність, полеглість, забур'яненість - стан предмета праці на полі. Ці чинники впливають на терміни настання різних фаз стиглості та їх тривалість.

Вплив цієї групи чинників визначає природно дозволена тривалість проведення збиральних робіт.

Докладне розглядання кожного показника в групі чинників (*Пр*) і їх вплив на процес збирання льону-довгунця дозволяє визначити оптимальні умови для здійснення робіт та вдосконалити ефективність механізованого збирання [32].

Аналізуючи групу факторів, пов'язаних із процесами, ми відзначаємо, що біологічна особливість льону-довгунця проявляється у тому, що технологічна готовність стебел наступає трошки раніше, ніж готовність насіння. Це призводить до ряду труднощів, пов'язаних із визначенням початку механізованого процесу збирання.

Під час процесу дозрівання льону-довгунця виділяють чотири фази. Тривалість кожної фази нерівномірна і залежить від термінів сівби, сорту та агрометеорологічних умов у період вегетації рослин. Залежно від фази отримують різні показники як за якістю, так і врожайністю. Наприклад, під час збирання у фазі зеленої стиглості можна отримати ніжне та шовковисте волокно, але воно є недостатньо міцним, а номер трести менший через менший вихід довгого волокна, що породжує низькі якісні показники.

Збирання льону на ранній жовтій фазі стиглості характеризується максимальним виходом довгого волокна з кращими якісними характеристиками, що відповідає вищому номеру трести, проте якість насіння в цьому випадку є меншою. У цьому випадку насіннева частина врожаю є несхожою для технологічного використання. Збирання льону на ранній жовтій фазі стиглості характеризується максимальним виходом довгого волокна з кращими якісними характеристиками, що відповідає вищому номеру трести, проте якість насіння в цьому випадку менша. Фаза жовтої стиглості характеризується високим виходом якісного насіння та значним зниженням якості волокна через його дерев'яніння та втрату еластичності. Повна фаза стиглості відзначається втратами насіння через самоосипання та найнижчою якістю волокна.

Також, льон-довгунець розподіляється на ранньостиглі, середньостиглі та пізньостиглі сорти за термінами дозрівання (див. рис. 2.1). [7, 30, 32].

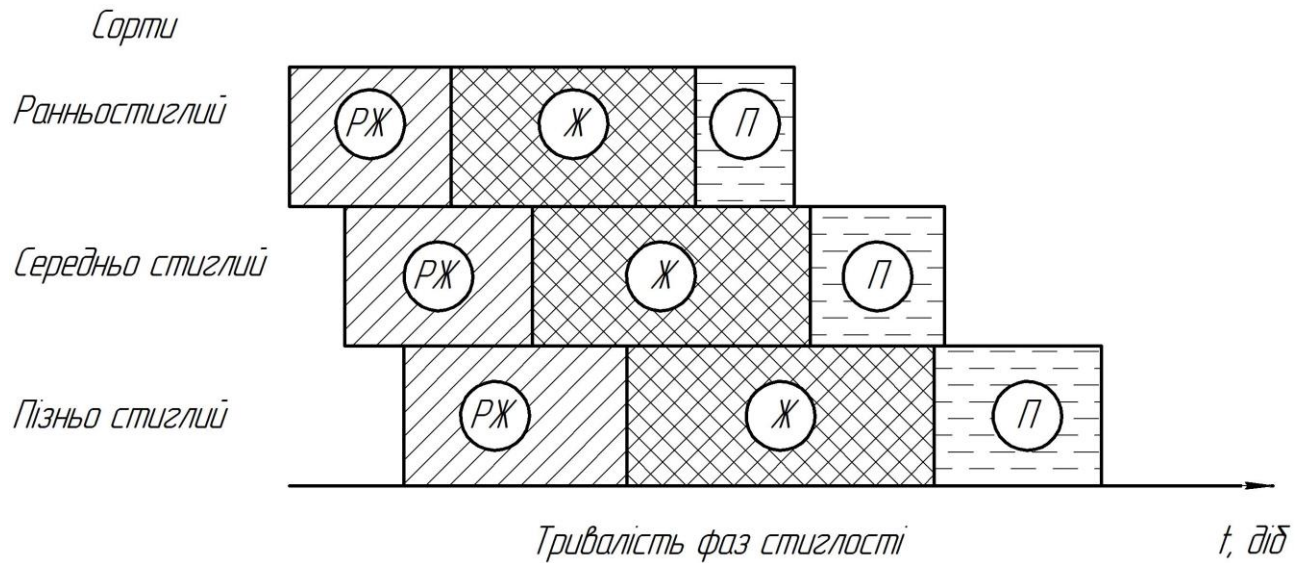


Рисунок 2.1 – Графічна інтерпретація можливих термінів настання та тривалості фаз стиглості льону-довгунцю в залежності від сорту: *PЖ* – ранньо жовта фаза стиглості, *Ж* – жовта фаза стиглості та *П* – повна фаза стиглості.

Агрометеорологічна група чинників ( $A_m$ ), яка впливає на механізовані процеси збирання, характеризується різними показниками, такими як наявність роси, опадів і дефіцит вологості повітря. Ці параметри визначають проміжки часу, коли можливе або неможливе виконання робіт, і формують природно дозволений фонд часу.

Основні метеорологічні показники, які впливають на збирання протягом доби, включають зміну дефіциту вологості повітря впродовж доби ( $D_{нов}$ ) у гПа, час сходу та заходу сонця ( $\tau_{сс}$ ,  $\tau_{зс}$ ) у годинах, час зникнення та появи роси ( $\tau_{зр}$ ,  $\tau_{пр}$ ) у годинах, а також час початку та завершення опадів ( $\tau_{по}$ ,  $\tau_{зо}$ ) у годинах. Також важливими є час підсихання ґрунту та стебла ( $t_{від}$ ) у годинах.

Важливо відзначити, що природно дозволений фонд часу для виконання робіт у різних механізованих процесах, які можуть проводитися одночасно, є різним. Це пояснюється тим, що агротехнічні вимоги до виконання різних робіт з технологічного перетворення льону-довгунця відрізняються (наприклад,

обертання трести може проводитись за відносної вологості не більше 60%, тоді як формування стрічки в рулони – не більше 18%).

Технологічна група чинників (*Тл*) визначається характером робіт у процесах, тобто кількістю та послідовністю механізованих технологічних операцій збирання льону-довгунця. Як вже було зазначено, існують два основних механізованих способи збирання льону-довгунця – комбайновий та роздільний. Кожен з них має свої переваги та недоліки. Комбайновий метод, залежно від фази стиглості льону, може забезпечити високоякісну тресту (у фазі ранньої жовтої стиглості) або якісне насіння (у фазі жовтої стиглості) [15, 30, 32].

Роздільний спосіб використовується на ранній жовтій фазі стиглості. Однією з переваг цього методу є можливість одночасного отримання якісної трести, також якісного насіння, причому насіння має низьку відносну вологість. Це зменшує енергозатрати на його сушіння, і в деяких випадках зовсім уникнути необхідності в сушінні. Однак значним недоліком цього методу є ризик втрати насіння через проростання та зараження хворобами, особливо в умовах тривалих опадів під час вилежування неочищених стрічок.

Цьому ризику можна запобігти шляхом адаптації методів збирання до метеорологічних умов. Це включає в себе прийняття адекватних тактичних рішень відповідно до прогнозу метеорологічних умов. Такі рішення можуть включати в себе визначення оптимального часу для початку збиральних робіт, а також вибір або зміну методу збирання. Це дозволяє максимізувати виходи льонопродукції для будь-якого року з урахуванням характерних агрометеорологічних умов.

Справді, існує ймовірність того, що в період ранньої жовтої фази стиглості агрометеорологічні умови можуть створити ситуацію, коли застосування роздільного способу збирання може бути недоцільним. Це важливо враховувати при визначенні доцільності проведення робіт у механізованих процесах збирання льону-довгунця та оцінці ймовірностей



потреби у зміні ієрархічної структури робіт, зокрема щодо застосування роздільної технології.

До природно-виробничої групи чинників (*Лв*) входять виробничі умови механізованих процесів, такі як конфігурація та площа поля, рельєф, довжина гону. Ці умови визначають продуктивність виконання робіт під час збирання льону-довгунця.

До технічної групи чинників (*Тн*), що впливають на ефективність механізованих процесів, входять параметри їх технічного оснащення, такі як марковий та кількісний склад техніки з їхніми технічними характеристиками. Технічне оснащення визначає темп виконання робіт у механізованих процесах збирання льону-довгунця.

Організаційно-стратегічна група чинників (*Ос*) характеризується плановою площею посіву, кількістю сортів та площами їх посіву.

Інформаційну групу (*І*) характеризують різноманітні показники, такі як темп обсягу виконання робіт у механізованих процесах, предметні характеристики (стан стеблостою) на конкретний момент часу, агрометеорологічні умови, вартість льонопродукції на ринку та інші. Результати цієї групи чинників служать основою для визначення організаційно-тактичної (*От*) та технологічної (*Тл*) груп чинників.

Організаційно-тактична (*От*) група чинників включає в себе організаційні режими збирання, такі як планова кількість змін протягом доби, та вибір між комбайнвою або роздільною технологією в залежності від стану стеблостою та прогнозу агрометеорологічних умов.

До ринково-кон'юнктурної (*Рк*) групи чинників належить вартість льонопродукції на ринку. Цей фактор безпосередньо впливає на процес прийняття рішень (*Ос*).

Подальше визначення логічних зв'язків між цими групами чинників є важливим для розроблення відповідних моделей та покращення ефективності механізованих процесів збирання льону-довгунця (див. рис. 2.2).

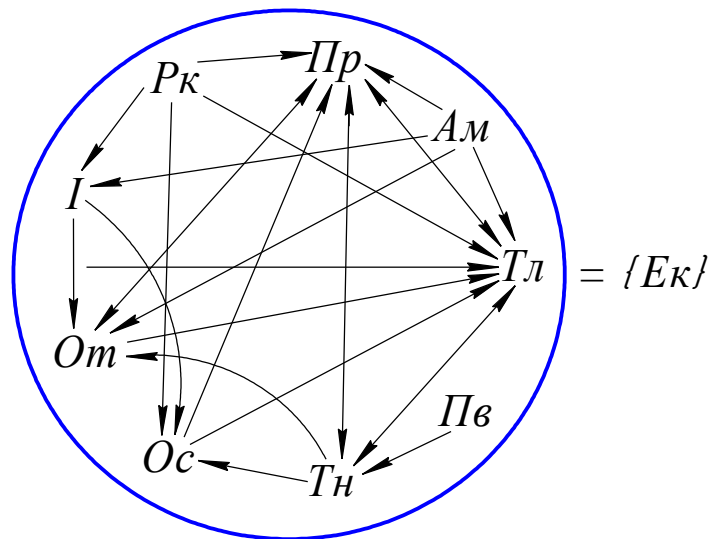


Рисунок 2.2 – Графічне відображення взаємозв'язків між групами чинників

Описані вище групи чинників зумовлюють нестання певних подій, які формують зміст робіт у механізованому процесі збирання, а критерії, за якими їх можна викоремити, наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Критерії, які характеризують настання події [30, 32]

Події	Критерії
1	2
Час настання ранньої жовтої фази стиглості	1) 32% зелених, 61% жовтих і 7% бурих коробочок; 2) насіння в 65-75% жовто-зелених коробочок світло-зелене з жовтим носиком. Решта коробочок – жовті з жовтим насінням; 3) абсолютна вологість коробочок 139-70%. Збирати льон на волокно потрібно в ранній жовтій фазі, якість і кількість якого в цій фазі оптимальна. Насіння, зібране в цей період, потребує фізіологічного досягання із застосуванням теплопідігрівача з м'яким режимом сушіння або ж досягання на сонці [16].
Час настання жовтої фази стиглості	1) 16% зелених, 56% жовтих і 28% бурих коробочок; 2) листя жовте, майже повністю осипається. У 50% коробочок насіння жовте, у решті світло-коричневе, трапляється жовто-зелене; 3) абсолютна вологість коробочок 69-30%. Вихід і якість волокна в жовтій стиглості починає знижуватися, але якість насіння значно поліпшується [16].

Продовж. табл. 2.3

1	2
Час настання повної фази стиглості	1) 2% зелених, 8% жовтих і 90% бурих коробочок; 2) стебла льону безлисті. Вони, як і коробочки, мають бурий колір, а насіння коричневе; 3) абсолютна вологість коробочок 29-10%. У повній фазі стиглості втрати волокна і насіння великі. Волокно, зібране у фазі повної стиглості, жорстке і грубе [16].
Поява втрат насіння	Збирання недозрілого насіння, самоосипання та проростання внаслідок несвоєчасного виконання робіт або настання повної фази стиглості. Роздільний спосіб: 1) опади, що виникають у період вилежування неочісаного стрічки, можуть призвести до зараження насіння хворобами або його проростання [27]; 2) якщо очісування проводилось не вчасно, щоденні втрати складають 0,5% від біологічного врожаю насіння з гектара. Комбайновий спосіб: 1) щоденні втрати 1,5%.
Поява втрат трести	Перележування, настання жовтої або повної фази стиглості [10, 16]. Якість трести (номер) залежить від тривалості її вилежування [10]. У повній фазі стиглості втрати волокна і насіння великі. Волокно, зібране у фазі повної стиглості, жорстке і грубе [16].
Поява роси	Дефіцит вологості повітря знаходиться в межах 2-5 мб (гПа).
Поява опадів	Дефіцит вологості повітря знаходиться в межах 2-5 мб (гПа).
Вибирання	Настання ранньої жовтої фази стиглості.
Очісування-обертання	Через 3 дні після вибирання стрічку можна підібрати, обмолотити, обернути і розстелити.
Комбайнування	Настання жовтої фази стиглості.
Обертання 1	Через 6 днів після комбайнування.
Обертання 2	у середині вилежування; після випадання великого дощу; через 4 дні після робіт очісування-обертання для роздільного та через 5 днів після другого обертання для комбайнового способу збирання.
Обертання 3	Безпосередньо перед підніманням трести.

Опис подій та критеріїв їх настання надають можливість створення алгоритму імітаційної моделі для механізованих процесів збирання льону-довгунцю. Цей алгоритм відображає їх об'єктивний розвиток. Розробка програми та проведення комп'ютерних експериментів на основі цього

алгоритму дозволить отримати експлуатаційні показники механізованих процесів та об'єктивно оцінити їх ефективність.

## **Висновки до розділу 2**

1. Біологічна особливість льону-довгунця проявляється у ряді фаз його досягання, що мають нерівну тривалість і залежать від сівби, сорту та агрометеорологічних умов протягом вегетаційного періоду. Залежно від фази, на якій здійснюється механізоване збирання, отримуємо різні показники якості та врожайності.

2. Розроблена концептуальна модель механізованого збирання льону-довгунця базується на принципах та концепціях системотехніки, що дозволило обґрунтувати узагальнений алгоритм визначення експлуатаційних показників цих процесів.

3. Означені події та критерії для визначення їх настання формують алгоритм імітаційної моделі механізованих процесів збирання льону-довгунця, який відображає їх об'єктивний розвиток. Виконання комп'ютерних експериментів за цим алгоритмом дозволить отримати експлуатаційні показники та об'єктивно оцінити ефективність процесів.

4. Встановлено, що на ефективність механізованого процесу збирання льону-довгунця впливають різні чинники: предметні, агрометеорологічні, технологічні, природно-виробничі, технічні, організаційно-стратегічні, організаційно-тактичні, соціальні, інформаційні та ринково-кон'юнктурні. Ці чинники можна класифікувати як керовані, частково керовані та не керовані.

### 3. МЕТОДИКА ВИРОБНИЧИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА ЇХ МАТЕМАТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

#### 3.1. Методика збору статистичних даних та оцінення ймовірності подій у механізованому процесі збирання льону-довгунця

Кількісне оцінювання флуктуації в процесах механізованого збирання льону-довгунця дозволяє аналізувати можливі наслідки та визначати необхідні реакції у випадку ймовірного виявлення подій. Для цього планується проведення пасивних експериментів зі збору та аналізу статистичних даних, зокрема, визначення часу виникнення та припинення подій, а також їх кількісних показників. Такий підхід дозволяє точніше оцінити ризики та розробляти ефективні стратегії реагування на них.

Використовуючи системний аналіз для досліджень механізованих процесів збирання льону-довгунця нами було встановлено, що зміст та час виконання робіт визначається такими подіями: 1) часом настання ( $\tau_{p.ж.}^n$ , доба) та тривалістю ( $t_{p.ж.}^n$ , діб) ранньої жовтої фази стиглості в певний  $n$ -й рік; 2) часом настання ( $\tau_{ж.}^n$ , доба) та тривалістю ( $t_{ж.}^n$ , діб) жовтої фази стиглості в певний  $n$ -й рік; 3) часом настання ( $\tau_n^n$ , доба) та тривалістю ( $t_n^n$ , діб) повної фази стиглості в певний  $n$ -й рік; 4) часом виникнення та припинення опадів на календарній осі часу у певну  $j$ -у добу певного  $n$ -о року (відповідно  $\tau_{пд}^{jn}$ ,  $\tau_{кд}^{jn}$ , год), а також їх кількістю ( $q_{пд}^{jn}$ , мм); 5) часом появи та припинення роси у  $j$ -у добу  $n$ -о року (відповідно  $\tau_{рп}^{jn}$ , год); 6) дефіцитом вологості повітря в продовж доби  $j$ -ї ( $D^{jn}$ , доби), за якої виконання означених операцій є недопустиме, гПа.

Для збору необхідної статистичної інформації щодо зазначених подій, нами були опрацьовані архівні матеріали Яворівської метеорологічної станції, яка розташована у Львівській області.

Дані щоденних спостережень зафіксовані у двох журналах: ТСХ-1 (Таблиці сільськогосподарські [18, 30]), де зафіксовані дати подій, таких як фази стиглості льону-довгунця, і КМ-1 (Книжка метеорологічних

спостережень), що містить інформацію про характеристики агрометеорологічних показників кожні 3 години упродовж доби. Означені зразки таблиць КМ-1 та ТСХ-1 наведено в табл. А.1 та А.2 [18, 30].

Відповідно до цього були розроблені таблиці, де внесені дані результатів щоденних спостережень. Інформацію про початок фенологічних фаз досягання льону-довгунця отримували з журналу ТСХ-1. Шляхом відстеження необхідної фази стиглості за графою 10 ("Назва фази"), визначали дату її настання (графа 12 "Дата настання"). Також фіксували дату припинення збирання, отримуючи дані з граф 5 ("Назва с.-г. робіт") та 7 ("Кінець"), і вносили їх у відповідні графи таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Форма для відображення статистичних даних щодо фенологічних фаз досягання льону-довгунцю

Рік	Фази стиглості						Припинення збирання, $\tau_{пз}$
	рання жовта		жовта		повна		
	час настання, $\tau_{рж}$	тривалість, $t_{рж}$	час настання, $\tau_{ж}$	тривалість, $t_{ж}$	час настання, $\tau_{п}$	тривалість, $t_{п}$	
1963	198	7	205	4	209	3	212
1964	208	9	217	7	224	4	228
1965	206	9	215	6	221	5	226
...	...	...	...	...	...	...	...
2023	201	12	212	9	221	6	227

Оскільки результати спостережень обмежувались інформацією лише про час настання події, кількісні показники тривалості фаз стиглості в  $n$ -й рік визначалися шляхом врахування різниці між відомими часовими точками для зазначених подій. Для ранньої жовтої, жовтої та повної фаз стиглості льону-довгунця кількісні показники визначалися на підставі відповідних рівнянь:

$$t_{рж}^n = \tau_{жс}^n - \tau_{ржс}^n; \quad (3.1)$$

$$t_{ржс}^n = \tau_{жс}^n - \tau_{ржс}^n; \quad (3.2)$$

$$t_n^n = \tau_{нз}^n - \tau_n^n. \quad (3.3)$$

Одержані результати ми заносили у необхідні комітки таблиці 3.1.

Час, необхідний для завершення фаз стиглості льону-довгунця, має велике значення через низку його фенологічних особливостей. Ця тривалість визначає фонд часу, доступний для виконання механізованих операцій під час збирання. Особливий акцент робиться на тривалості ранньої жовтої фази стиглості ( $t_{ржс}$ ), яка виступає визначальним фактором у формуванні часових ресурсів для роздільної технології, та тривалості жовтої та повної фаз стиглості ( $t_{жс}, t_n$ ), які впливають на ефективність комбайнової технології збирання.

Інформацію про агрометеорологічні явища, такі як опади, роса та дефіцит вологості повітря, для очікуваного періоду збирання (липень-серпень) отримували з журналу КМ-1. У заголовку рядка були наведені назви відповідних показників, а у заголовку стовпчиків - час проведення вимірів. Отримані результати вносилися в відповідні графі табл. 3.2.

Статистичну інформацію про предметну складову механізованих процесів збирання льону-довгунця обробляли для періоду його реалізації протягом 1963–2023 років. Для полегшення аналізу статистичних даних отриману інформацію вводили в заздалегідь підготовлені таблиці за допомогою середовища EXCEL.

Отримані дані використовувались для створення емпіричних рядів для періодів погожого та непогожого часу. Критеріями для оцінки погоди визначались наступні умови [18, 29, 30]:

- 1) Відсутність опадів до 13 годин;
- 2) Кількість опадів протягом попередньої доби не повинна перевищувати 1,4 мм;
- 3) Дефіцит вологості повітря у час виконання робіт повинен бути не менше 3 гПа.

Ці критерії використовувались для визначення часових проміжків, які вважались погожими, і були використані для побудови емпіричних рядів, які допомагають аналізувати та прогнозувати погодні умови під час виконання робіт зі збирання льону-довгунця.

Таблиця 3.2 – Форма таблиці для відображення статистичних агрометеорологічних даних

Дата	Роса		Опади			Дефіцит вологості повітря, гПа				
	припинення, год	пооява, год	пооява, год	Припинення, год	кількість, мм	9	12	15	18	21
1.07.12			6.00	9.00	2,5	0,6	2,0	2,6	6,8	5,8
2.07.12	12.00	21.30				0,5	2,1	5,8	5,5	1,9
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
31.08.12	8.00	21.00				1,0	5,4	12,9	15,5	8,3

Наявність і обсяг таких агрометеорологічних явищ, як роса та післяобідні опади, є визначальними факторами для формування добового графіка. Проте, ймовірність їхнього виникнення є невизначеною. Враховуючи це, необхідно оцінити ймовірність їх виникнення протягом  $m$ -го місяця.

Як вже зазначалося, добовий графік у благоприятний день для виконання конкретних робіт може суттєво відрізнятись. Це пов'язано з тим, що виконання певних робіт у період роси є неможливим (див. табл. 2.3). З цього критерію вони були розподілені на дві категорії:  $T_1$  – роботи, які не залежать від наявності роси;  $T_2$  – роботи, які піддаються впливу роси.

На підставі зазначених критеріїв тривалість добового фонду часу для групи  $T_1$  знаходимо за рівняннями (3.4) або (3.5):



– за умови відсутності опадів:

$$T_1 = 7 \cdot N_{zm}, \quad (3.4)$$

де  $N_{zm}$  – кількість змін;

– якщо є опади після обіду:

$$T_1 = P_{Op} - 9,00, \quad (3.5)$$

де  $P_{Op}$  – час появи опадів, год.

Добовий фонд часу групи  $T_2$  може обмежуватися двома подіями – росою та опадами після обіду. Тривалість добового фонду часу знаходимо за рівняннями (3.6 - 3.9) відповідно:

– за відсутності роси та опадів:

$$T_2 = 7 \cdot T_{zm}; \quad (3.6)$$

– є роса, опади відсутні:

$$T_2 = 9 + (7 \cdot T_{zm}) - P_{Ros}, \quad (3.7)$$

де  $P_{Ros}$  – час припинення роси, год;

– роса відсутня, є роса:

$$T_2 = P_{Op} - 9,00; \quad (3.8)$$

– є роса і опади:

$$T_2 = P_{Op} - P_{Ros}. \quad (3.9)$$

Опрацювання статистичних даних виконували за відомими методами математичної статистики, що ґрунтуються на теорії ймовірностей [1, 2, 8, 26].

### **3.2. Методика опрацювання результатів виробничих експериментів на підставі методів математичної статистики**

Під час математичної обробки того чи іншого показника за експериментальними (емпіричними) даними, число яких є обмежене, встановити дійсні значення характеристик розподілу неможливо, а тому

визначають, так звані, оцінки: математичне сподівання, дисперсії, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнта варіації. Ці оцінки називають статистичними характеристиками.

Емпіричні розподіли узгоджують з теоретичними за спеціально розробленими в теорії статистичними критеріями [1, 2, 8, 26]. Наведемо приклад розрахунку цих показників та обґрунтування закону розподілу тривалості погожих проміжків часу.

1) Відповідно до початкових даних що отримані із звітних форм (ТСХ-6) метеорологічної станції встановлено множину тривалостей погожих проміжків для календарного періоду з 1 липня до 31 серпня за останніх 25 років (1987 – 2012 рр.).

Таким чином, отримано варіаційний ряд емпіричних даних:

$$Y_1 < Y_2 < \dots < Y_N. \quad (3.10)$$

2) Варіаційний ряд розділити на  $k$  інтервалів. Число інтервалів ( $k$ ) визначити за формулою:

$$k = 1 + 3,32 \lg N, \quad (3.11)$$

де  $N$  - число дослідів (обсяги вибірки згідно виданого завдання).

Підставивши відповідні значення отримаємо:

3) Крок інтервалу розрахувати за формулою:

$$\Delta Y = \frac{Y_N - Y_1}{k}; \quad (3.12)$$

4) Побудувати таблицю 3.3 для розрахунку статистичних характеристик.

5) Визначити частоту  $m_i$  попадання випадкової величини у кожен інтервал, а також розрахувати емпіричну частість  $P_i$ :

$$P_i = \frac{m_i}{N}; \quad (3.13)$$

6) Розрахувати статистичні характеристики (оцінки): математичного сподівання.

$$Y_c = \sum_{i=1}^k Y_i \cdot P_i; \quad (3.14)$$



7) *Перевірка крайніх значень варіаційного ряду на належність їх вибірці.*

Перше  $Y_1$  і останнє  $Y_N$  значення варіаційного ряду перевірити на належність їх вибірці (чи не є вони помилковими) за критерієм Ірвіна:

$$\lambda_{d1} = \frac{1}{\sigma}(Y_2 - Y_1); \quad (3.19)$$

$$\lambda_{dN} = \frac{1}{\sigma}(Y_N - Y_{N-1}). \quad (3.20)$$

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 критерію Ірвіна.

8) Побудова гістограми (полігону) розподілу досліджуваного показника і висунення гіпотези про теоретичну закономірність розподілу.

За даними варіаційного ряду побудувати графік зміни емпіричної частоти ( $P_i$ ) досліджуваних показників для встановленої кількості ( $k$ ) інтервалів. З цією метою на осі абсцис з кроком  $\Delta Y$  відкладають верхні, нижні та середні значення інтервалів величини  $Y$ . На осі координат відкладають значення емпіричної частоти ( $P_i$ ).

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

9) Розрахунок теоретичної частоти.

Розрахувати значення густини функції розподілу ( $f(Y_i)$ ) для кожного  $k$  часткового інтервалу. Для теоретичного розподілу Вейбулла потрібно насамперед відшукати параметри  $a$  і  $b$ . Їх визначають за допомогою коефіцієнта варіації  $v$ .

Параметр  $b$  визначити безпосередньо із таблиці, а параметр  $a$  розрахувати:

$$a = \frac{\sigma}{C_b}; \quad (3.21)$$

10) Для кожного часткового інтервалу розраховують теоретичну частість:

$$P_{Ti}(Y) = f(Y) \cdot \Delta Y, \quad (3.22)$$

де  $\Delta Y$  - крок інтервалу.

11) Перевірка близькості емпіричного і теоретичного розподілів. Близькість між емпіричним і теоретичним розподілом перевірити за критерієм  $X^2$  ( $Xi$  – квадрат, Пірсона). З цією метою для кожного часткового інтервалу потрібно розрахувати добуток -  $N \cdot P_{Ti}$ . Якщо отримують  $N \cdot P_{Ti} < 5$  то цей інтервал об'єднують із одним або декількома суміжними так, щоб у новому (збільшеному) інтервалі виконувалась умова  $N \cdot P_{Ti} > 5$ .

Виразити критерій за формулою:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k'} \frac{(m_i - N \cdot P_{Ti})^2}{N \cdot P_{Ti}}, \quad (3.23)$$

де  $k'$  - число інтервалів з урахуванням їх об'єднання.

12) Визначити число ступені вільності за формулою:

$$r = k' - (n + 1), \quad (3.24)$$

де  $n$  - число параметрів функції теоретичного розподілу.

13) Задавши рівень значимості  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05 \dots 0,1$ ), 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 [1, 2, 8, 26].

### **3.3. Методика опрацювання результатів виробничих експериментів на підставі методів кореляційно-регресійного аналізу**

*1. Висунення гіпотези щодо форми кореляційної залежності та рівняння регресії.*

Згідно із результатами спостережень (множина пар чисел) нанести точки у системі координат вибравши відповідний масштаб. З вигляду

кореляційного поля (розподілу точок у системі координат) висунути гіпотезу щодо форми кореляційного зв'язку. На основі цього вибирати тип та рівняння регресії (рис. 3.1), які відображають дану залежність.

2. *Визначення тісноти кореляційного зв'язку (коефіцієнт кореляції, кореляційне відношення) [1, 2, 8, 26].*

2.1. Для розрахунків величин, що входять до формул, скласти розрахункову таблицю (табл. 3.4), в якій колонки 1-3 заповнюються згідно виданого індивідуального завдання.

Таблиця 3.4 – Розрахункова таблиця

N	X	Y	$X - X_c$	$(X - X_c)^2$	$Y - Y_c$	$(Y - Y_c)^2$	$Y_c x$	$(Y - Y_c x)^2$	$(X - X_c) \times (Y - Y_c)$
1									
2									
...	...	...	.....	.....	.....	.....	...	.....	.....
n	..	...			.				
$\Sigma$									

Для лінійної кореляції дана таблиця складатиметься із 4, 5, 6, 7, 10-ї колонок, для криволінійної - 6, 7, 8, 9-ї колонок.

2.2. Розрахувати середні значення  $X_c$  та  $Y_c$  за формулами:

$$X_c = \frac{\Sigma X}{n}, \quad Y_c = \frac{\Sigma Y}{n}, \quad (3.25)$$

де  $n$  – число пар даних вибірки.

У разі криволінійної кореляції розрахувати середнє значення  $Y_c$  та  $X_c$  за формулою (1) та вибрати часткові середні значення  $Y_c x$  і  $Y_c y$  згрупувавши дані вибірки по 4-5 значень.

2.3. Визначити відхилення досліджуваних величин та їх квадрати і занести у відповідні колонки таблиці.

2.4. Визначити коефіцієнт кореляції за формулою:

$$r = \frac{\Sigma(X - X_c) \times (Y - Y_c)}{\sqrt{\Sigma(X - X_c)^2 \times \Sigma(Y - Y_c)^2}}, \quad (3.26)$$

де  $\Sigma(X - X_c)^2$  – сума квадратів відхилень значень  $X$  від середньоарифметичного  $X_c$ ;  $\Sigma(Y - Y_c)^2$  – сума квадратів відхилень індивідуальних  $Y$  від середньоарифметичного  $Y_c$ .

У разі наявності криволінійної кореляції визначити кореляційне відношення за формулою:

$$\eta = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - Y_c)^2 - \Sigma(Y - Y_{cX})^2}{\Sigma(Y - Y_c)^2}}, \quad (3.27)$$

де  $\Sigma(Y - Y_{cX})^2$  – сума квадратів відхилень значень  $Y$  від часткових середніх  $Y_{cX}$ , що відповідають певним фіксованим значенням незалежної змінної  $X$ .

3. Для визначення надійності коефіцієнта кореляції (кореляційного відношення) визначити стандартну похибку, критерій значимості та довірчі інтервали [1, 2, 8, 26].

3.1. Визначити стандартну похибку за формулою:

$$^{**}S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{\nu}}, \quad (3.28)$$

де  $\nu$  - число ступенів вільності. Це число рівне  $\nu = n - 2$ .

3.2. Визначити критерій значимості за формулою:

$$t_r = \frac{r}{S_r}. \quad (3.29)$$

Якщо  $t_r > t_{теор}$  то кореляційний зв'язок значний, а коли  $t_r < t_{теор}$  - незначний. Теоретичне значення критерію  $t$  знаходять за таблицею Стюдента. Рівень значимості приймають 5%-ий або 1 %-ий.

3.3. Довірчі інтервали визначити наступним чином:

$$^*r \pm t_{0.5} \times S_r, \quad (3.30)$$

4. Визначення коефіцієнта регресії та знаходження рівняння кореляційної залежності [1, 2, 8, 26].

4.1. Визначити коефіцієнт регресії за формулою:

$$b_{yx} = \frac{\Sigma(X - X_c) \times (Y - Y_c)}{\Sigma(X - X_c)^2} \text{ і } b_{xy} = \frac{\Sigma(X - X_c) \times (Y - Y_c)}{\Sigma(Y - Y_c)^2}, \quad (3.31)$$

Правильність розрахунків перевірити за критерієм:

$$b_{yx} b_{xy} = r^2, \quad (3.32)$$

4.2. Рівняння лінійної регресії записати формулою:

$$Y = Y_c + b_{yx} (X - X_c), \quad (3.33)$$

Криволінійна кореляція часто відображається квадратичною параболою:

$$Y = a + b_1 X + b_2 X^2.$$

Квадратичну параболу можна розрахувати за формулою:

$$Y = Y_c + \frac{\Sigma(X - X_c)T}{\Sigma(X - X_c)^2} (X - X_c) + \left[ \frac{\Sigma(X - X_c)Y - nCY_c}{\Sigma(X - X_c)^4 - nC^2} \right] \times [(X - X_c)^2 - C], \quad (3.34)$$

де  $C = \frac{\Sigma(X - X_c)^2}{n}$  – умовна величина.

Якщо для емпіричної кривої важко підібрати відносно просте математичне рівняння, а також коли нема вагомих причин уточнювати результати досліджень, вирівнювання даних можна виконати способом простої ковзної середньої [1, 2, 8, 26].

5. Визначення стандартної похибки та довірчих інтервалів коефіцієнта регресії

5.1. Визначити похибку коефіцієнтів регресії за формулами:

$$Sb_{yx} = S_r \sqrt{\frac{\Sigma(Y - Y_c)^2}{\Sigma(X - X_c)^2}},$$

$$Sb_{xy} = S_r \sqrt{\frac{\Sigma(X - X_c)^2}{\Sigma(Y - Y_c)^2}}, \quad (3.35-3.36)$$



$$Sb_{xy} = S_r \sqrt{\Sigma(Y - Y_c)^2}, \quad (3.37)$$

де  $Sb_{yx}, Sb_{xy}$  – похибка коефіцієнта регресії відповідно до величини  $Y$  відносно  $X$  і величини  $X$  відносно  $Y$ ;  $S_{xy}$  – загальна похибка коефіцієнта регресії.

5.2. Визначити межі довірчого інтервалу коефіцієнта регресії:

$$b_{yx} \pm t_{0.5} \cdot S_b, \quad (3.38)$$

6. Розрахунок усереднених теоретичних значень  $Y$  для екстремальних величин  $X$  і побудова теоретичної лінії регресії  $Y$  по  $X$ .

6.1. Побудувати лінію регресії, вказати її рівняння, коефіцієнти регресії (рис. 3.1).

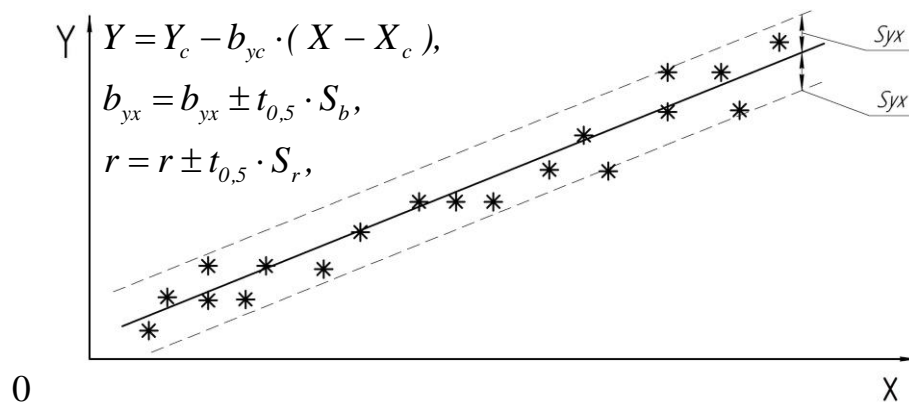


Рисунок 3.1 – Кореляційне поле (точковий графік), теоретична лінія регресії прямолінійної кореляції та довірна зона регресії.

6.2. Зазначити на графіку довірчу зону для лінії регресії.

Для цього вгору і вниз від теоретичної лінії регресії відкласти: величину однієї (68 %-а зона) або двох (95 %-а зона) похибок відхилення від регресії, тобто  $\pm S_{yx}$  або  $\pm 2S_{yx}$ , і сполучити знайдені точки пунктирними лініями. Площа, що знаходиться між цими лініями, називається довірчою зоною лінії регресії.

Для криволінійної кореляції графік будується за допомогою способу простої ковзної середньої. Суть його полягає в тому, що для кожного значення незалежної величини  $X$  береться середня арифметична кількох (суміжних) значень залежної величини  $Y$  (колонка 8, табл. 3.3);

$$Y_{cf} = \frac{(Y_{i-2} + Y_{i-1} + Y_i + Y_{i+1} + Y_{i+2})}{5}.$$

Правильність вирівнювання поцінують на підставі коефіцієнта кореляції  $r'$  між емпіричними і вирівняними значеннями

$$r' = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - Y_c)^2 - \Sigma(Y_c x - Y)^2}{\Sigma(Y - Y_c)^2}}, \quad (3.39)$$

Якщо  $r' \geq 0.95$ , то вирівнювання вважається задовільним, а при  $r' \geq 0.951$  співпадання між дослідними і вирівняними даними вважається недостатнім.

### **3.4. Алгоритм та комп'ютерна програма статистичного імітаційного моделювання перебігу механізованих процесів збирання льону-довгунця у часі**

Імітаційне моделювання механізованих процесів збирання льону-довгунця проводили для дослідження впливу предметної складової на експлуатаційні показники їх ефективності.

Імітаційне моделювання механізованих процесів збирання льону-довгунця виконувалося поетапно:

1. Розроблення блок-схеми та алгоритму імітаційного моделювання механізованого процесу, а також комп'ютерної програми.
2. Попереднє імітаційне моделювання та перевірка адекватності моделі реальному процесу формування потоку вимог на збирання льону-довгунця для умов Малого Полісся Львівщини.
3. Обґрунтування потрібної кількості реалізацій імітаційного моделювання.
4. Виконання комп'ютерних експериментів (моделювання) для різних варіантів механізованих процесів.
5. Статистичне опрацювання результатів моделювання.

Алгоритм імітаційного моделювання механізованих процесів збирання льону-довгунця та його блок-схема розроблялися на підставі аналізу причинно-наслідкових зв'язків між характеристиками його процесів із врахуванням флуктуацій чинників предметної складової [9, 17, 30]. Блок-схема складається з 8 блоків (рис. 3.2).

1. Занести в пам'ять ПК початкові дані: кількість реалізацій ( $N_{rez}$ ), максимальну планову площу збирання ( $S_{max}$ ), тривалість зміни ( $T_{zm}$ ), експлуатаційні характеристики МТА (продуктивність машин ( $W$ ) та їх кількість ( $n$ )); статистичні характеристики розподілів таких подій як: час настання ранньої жовтої фази стиглості ( $n_{rxf}$ ), тривалості ранньої жовтої ( $t_{rxf}$ ), жовтої ( $t_{xf}$ ) та повної ( $t_{pf}$ ) фаз стиглості; статистичні характеристики розподілів тривалості збирання ( $n_{vub}$ ), тривалості збирання ( $t_{vub}$ ), тривалості збирання ( $t_{vub}$ )).  
8. Знаходимо максимальну площу, оброблену за роботою вибирання ( $S_{vub}^{max}$ ).

Перевіряємо умови, що регламентують можливість використання роботи вибирання льону-довгунця, а саме: чи даний день ( $j$ ) належить до фази ранньої жовтої стиглості

$$j < = t_{rxf}; \quad (3.42)$$

Знаходимо добовий фонд часу для даної роботи:

$$W_1[j] = T_1[j] \cdot W_1 \cdot n_1. \quad (3.43)$$

Перевіряємо, чи є необроблена площа:

$$S > S_{vub}^{max}. \quad (3.44)$$

Перевіряємо умову, чи добовий фонд часу не є більшим від площі, що залишилось обробити:

$$W_1[j] < = S - S_{vub}^{max}. \quad (3.45)$$

Якщо умови (3.44) та (3.45) виконуються, тоді добовий виробіток ( $S_1[j]$ ) дорівнюватиме добовому фонду часу ( $W_1[j]$ ):

$$S_1[j] = W_1[j]. \quad (3.46)$$

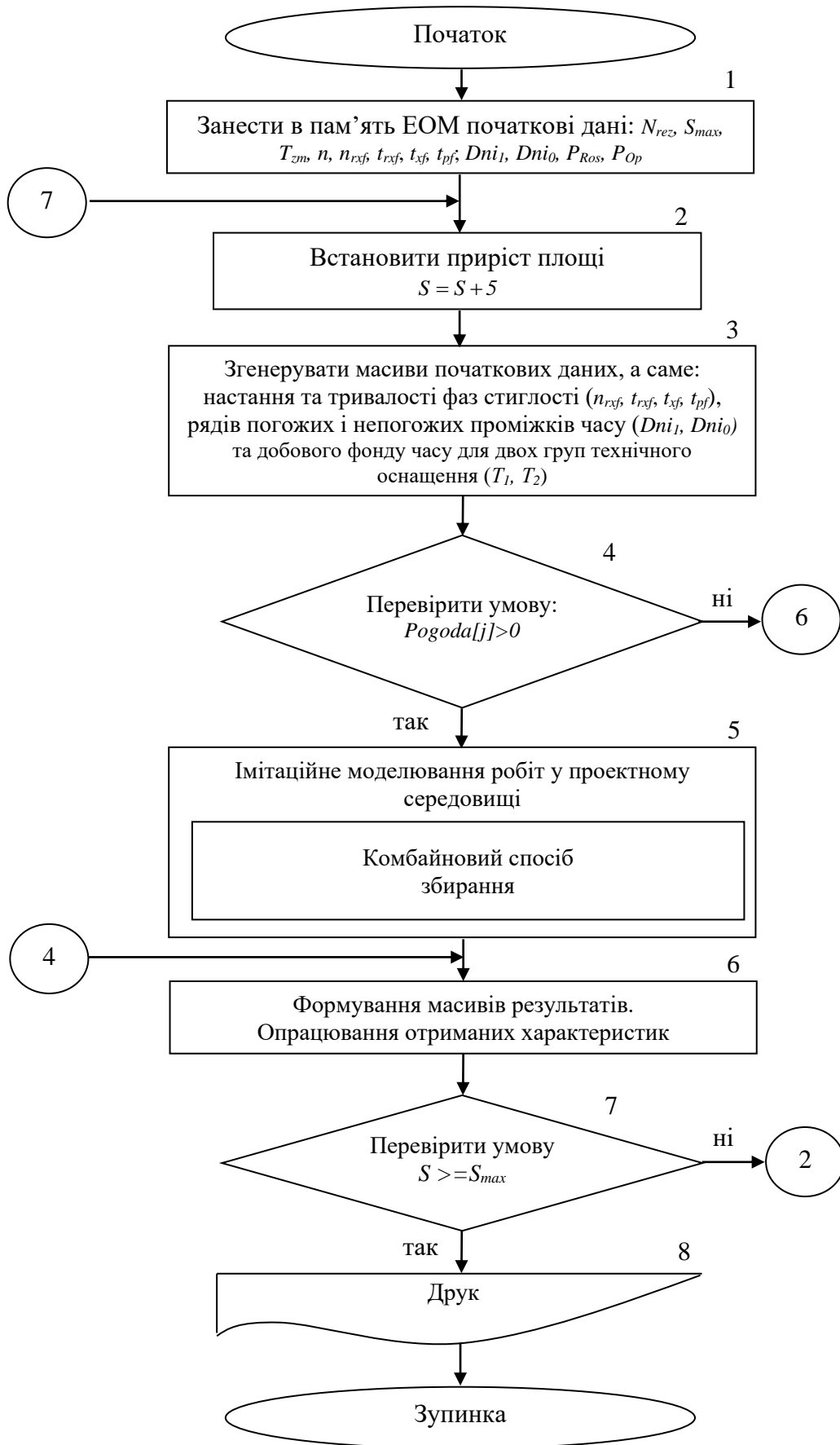


Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритму статистичного імітаційного моделювання механізованого процесу збирання льону-довгунця

Знаходимо оброблену площу, а саме додаємо добовий виробіток ( $S_1[j]$ ) до вже обробленої площі ( $S_{vub}[j]$ )

$$S_{vub}[j] = S_{vub}[j-1] + S_1[j]. \quad (3.47)$$

Якщо умова (3.45) не виконується, то добовий виробіток визначається так:

$$S_1[j] = S - S_{vub}^{max}. \quad (3.48)$$

Знаходимо оброблену площу:

$$S_{vub}[j] = S_{vub}[j-1] + (S - S_{vub}^{max}). \quad (3.49)$$

9. Знаходимо максимальну площу, оброблену за роботою очісування-обертання ( $S_{och}^{max}$ ).

Перевіряємо умови, що регламентують можливість використання роботи очісування-обертання стрічки, що вилежується, а саме: чи минуло 3 дні від моменту вибирання стрічки:

$$j > 3. \quad (3.50)$$

Перевіряємо, чи є площа, яку необхідно обробити даним способом:

$$S_{vub}^{max} > S_{och}^{max}. \quad (3.51)$$

Якщо умова виконується, тоді виконуємо наступний крок, якщо ж ні, то переходимо до кроку 12.

Знаходимо добовий фонд часу для даної роботи:

$$W_2[j] = T_2[j] \cdot W_2 \cdot n_2. \quad (3.52)$$

Перевіряємо, чи вся площа є своєчасно обробленою. Для цього знаходимо загальну площу, яка була вибрана 4 дні назад  $S_{vub}[j-4]$ , та порівнюємо її із загальною площею, обробленою за даною роботою станом на день, що минув  $S_{och}[j-1]$ :

$$S_{vub}[j-4] > S_{och}[j-1]. \quad (3.53)$$

Якщо ця умова справджується, то знаходимо площу, що є несвоєчасно обробленою:

$$Sn_2[j] = S_{vub}^{max} - S_{och}[j-1], \quad (3.54)$$

і навпаки

$$Sn_2[j] = 0. \quad (3.55)$$

Якщо виконується умова (3.55), то переходимо до умови (3.59).

За наявності несвоєчасно обробленої площі перевіряємо, чи вона є більшою за добовий фонд часу:

$$Sn_2[j] \geq W_2[j]. \quad (3.56)$$

Якщо умова справджується, тоді добовий виробіток ( $S_2[j]$ ) дорівнюватиме:

$$S_2[j] = W_2[j]. \quad (3.57)$$

У разі, якщо умова (3.56) не виконується, тобто добовий фонд часу ( $W_2[j]$ ) є більшим, ніж несвоєчасно оброблена площа ( $Sn_2[j]$ ), то знаходять різницю ( $A$ ) між ними, що дозволить визначити, яку площу у визначений день ми ще встигнемо обробити:

$$A = W_2[j] - Sn_2[j]. \quad (3.58)$$

У випадку, коли умова (3.41) виконується, перевіряємо, чи площа, яку необхідно обробити, не є більшою за  $W_2[j]$ :

$$S_1[j-3] > W_2[j]. \quad (3.59)$$

Якщо умова (3.59) виконується, тоді присвоюємо:

$$S_2[j] = W_2[j]. \quad (3.60)$$

Якщо умова (3.59) не виконується, тоді присвоюємо:

$$S_2[j] = S_1[j-3]. \quad (3.61)$$

10. Як і в попередньому випадку, знаходимо сумарну площу, оброблену даною технологічною операцією, а саме додаємо добовий виробіток ( $S_2[j]$ ) до вже обробленої площі ( $S_{och}[j]$ ):

$$S_{och}[j] = S_{och}[j-1] + S_2[j]. \quad (3.62)$$

Наступні характерні роботи опрацьовуються аналогічним чином. Однак можливість використання робіт зумовлюється визначеними умовами для кожної з них.

11. Якщо умова (3.41) не виконується, тобто день є непогожий, тоді добовий фонд часу ( $W_n$ ) та добовий виробіток ( $S_n[j]$ ) для  $n$ -ї роботи дорівнюватиме нулю, а сумарна оброблена площа для кожної з них дорівнюватиме сумарній обробленій площі, обробленій у попередній день  $[j-1]$ .

12. Визначаємо часткові втрати, га·діб, та повні втрати насіння, га, а також кількісні показники зібраного врожаю лляної трести різних номерів.

13. Перевіряємо умову

$$S \geq S_{max}. \quad (3.63)$$

Якщо умова (3.49) не виконується, то повертаємось до кроку 3 (приріст площі, яку необхідно зібрати  $S$ ). В іншому разі моделювання механізованих процесів збирання льону-довгунця завершується.

14. Кінець.

Комп'ютерна програма збирання льону-довгунця розроблена на кафедрі агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича відповідно до створеного нами алгоритму статистичного імітаційного моделювання механізованого процесу збирання льону-довгунця. Програмний код моделі створено у середовищі Turbo Pascal 7.0 [9, 17, 30].

### **Висновки до розділу 3**

1. Обробка даних виробничих експериментів проведена відповідно до стандартизованих методик, що гарантує достовірність отриманих моделей стохастичних явищ.

2. Моделювання на персональному комп'ютері включає наступні етапи: визначення цілей моделювання; розробка концептуальної моделі; підготовка початкових даних; розробка математичної моделі; вибір методу моделювання; вибір засобів моделювання; розробка програмної моделі; перевірка адекватності та коригування моделі; планування машинних експериментів; моделювання на ПК; аналіз результатів моделювання.

3. Вивчення експлуатаційних характеристик механізованих процесів збирання ґрунтується на статистичній імітаційній моделі, яка враховує вплив предметної складової на процес механізованого збирання льону-довгунця.

4. Для отримання надійних результатів статистичного імітаційного моделювання механізованих процесів збирання льону-довгунця виконувалося поетапно: розробка блок-схеми та алгоритму імітаційного моделювання; створення комп'ютерної програми; попереднє імітаційне моделювання та перевірка адекватності моделі реальному процесу на умови Малого Полісся Львівщини; визначення оптимальної кількості реалізацій імітаційного моделювання; виконання комп'ютерних експериментів для різних варіантів механізованих процесів; статистична обробка результатів моделювання.



## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ВИРОБНИЧИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 4.1. Результати дослідження предметної складової механізованого процесу

Складова процесів механізованого збирання льону довгунця визначається такими етапами: час сівби ( $\tau_{с.л}$ ), тривалість вегетаційного періоду (t<sub>вег</sub>), тривалість ранньої жовтої ( $t_{р.ж}$ ), жовтої ( $t_{ж}$ ) та повної ( $t_n$ ) стиглості. Вивчення часу виникнення цих етапів у процесі механізованого збирання льону-довгунця має важливе значення, оскільки вони визначають природно зумовлений час для виконання робіт. Ці етапи є ймовірними явищами. Для дослідження часу настання зазначених подій були використані статистичні дані результатів щоденних спостережень протягом періоду з 1963 по 2023 роки.

Початок сівби льону-довгунця є результатом взаємодії різних факторів, таких як сорт рослини, агрометеорологічні умови та стан ґрунту. У нашому випадку, спостереження проводилися за сортом К-6, який відноситься до групи пізньостиглих [15].

Аналіз статистичних даних щодо часу сівби льону-довгунця дозволив обґрунтувати теоретичний закон розподілу. У даному випадку використовується двопараметричний нормальний розподіл (рис. 4.1), функція густини ймовірностей якого має такий вигляд:

$$f(\tau_{с.л}) = 0,049 \times \exp \left[ - \left( \frac{\tau_{с.л} - 105,722}{132,845} \right)^2 \right]. \quad (4.1)$$

Статистичні параметри розподілу часу сівби льону-довгунця включають наступні значення: оцінка математичного сподівання  $M[\tau_{с.л}] = 105,7$  доба; оцінка середньоквадратичного відхилення  $\sigma[\tau_{с.л}] = 8,15$  доби. Значення

критерію згоди  $\chi^2$  Пірсона становить 0,628, що менше за порогове значення 7,779. Це свідчить про прийнятність гіпотези щодо нормального закону розподілу [1, 2, 8, 26]. Інші статистичні характеристики розподілу настання фази стиглості наведено в табл. Б.1.

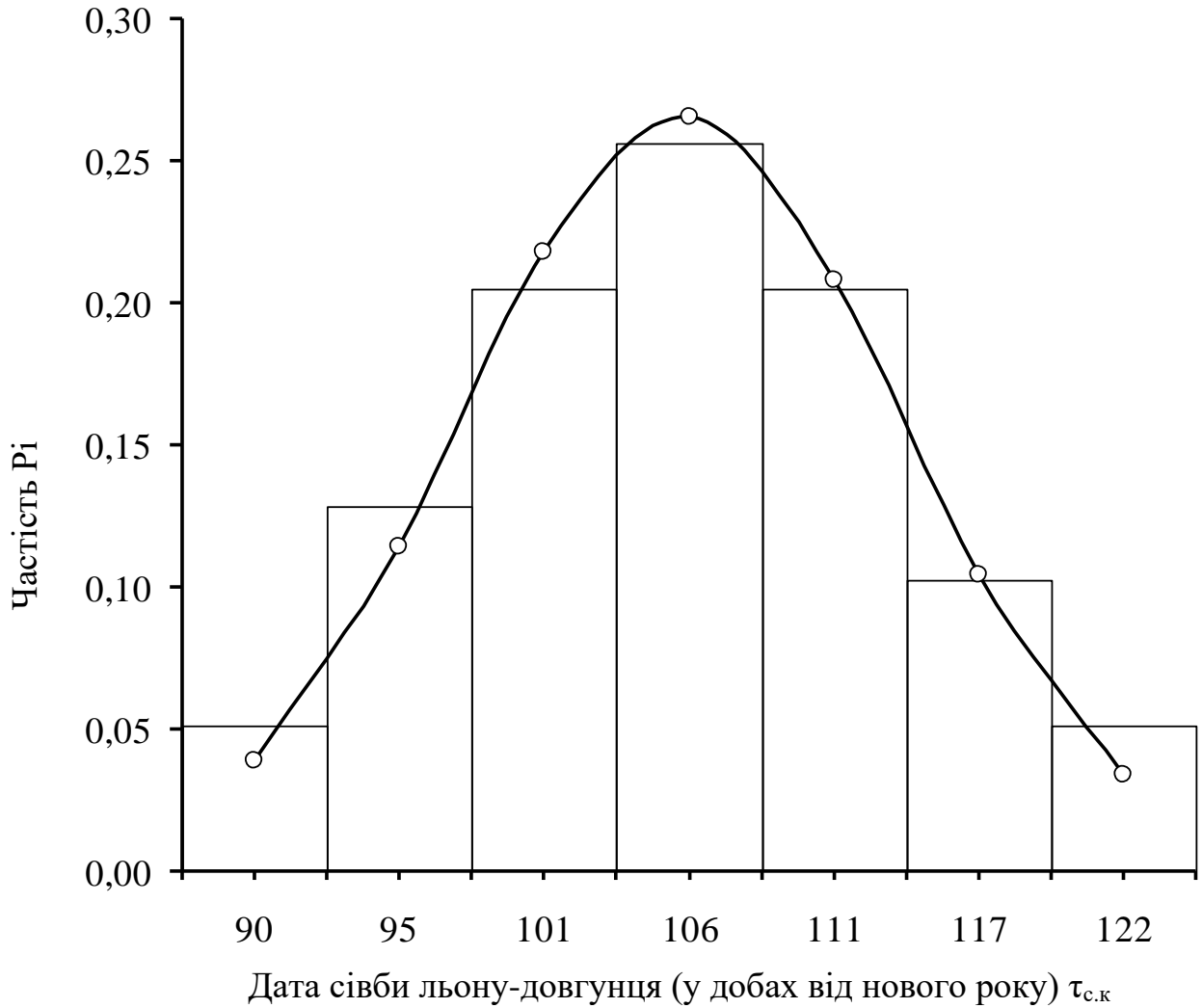


Рисунок 4.1 – Гістограма та теоретична крива розподілу часу сівби льону-довгунця

Застосування методів кореляційно-регресійного аналізу для обробки набору показників  $t_{\text{вег}}$  та  $\tau_{\text{с.л}}$  дозволило виправдати наявність лінійної кореляційної залежності між тривалістю вегетації льону-довгунця та датою його сівби (рис. 4.2). Рівняння цієї залежності представлено у такому вигляді:

$$t_{\text{вег}} = -7 \cdot 10^{-05} \cdot \tau_{\text{с.л}}^4 + 0,0285 \cdot \tau_{\text{с.л}}^3 - 4,1517 \cdot \tau_{\text{с.л}}^2 + 263,9 \cdot \tau_{\text{с.л}} - 6026,4 \quad (4.2)$$

Коефіцієнт кореляції  $r = 0,83$  переконує у підтвердженні гіпотези щодо існування цієї залежності.

Проведений аналіз надає підстави стверджувати, що час дозрівання (початку збирання) льону-довгунця ( $\tau_{з.л}$ ) припадає на середину та кінець літа – між 188 та 215 днями (з 7 липня по 3 серпня). Тривалість фаз стиглості льону-довгунця залежить від різних чинників, таких як сорт, час сівби та агрометеорологічні умови протягом періоду вегетації.

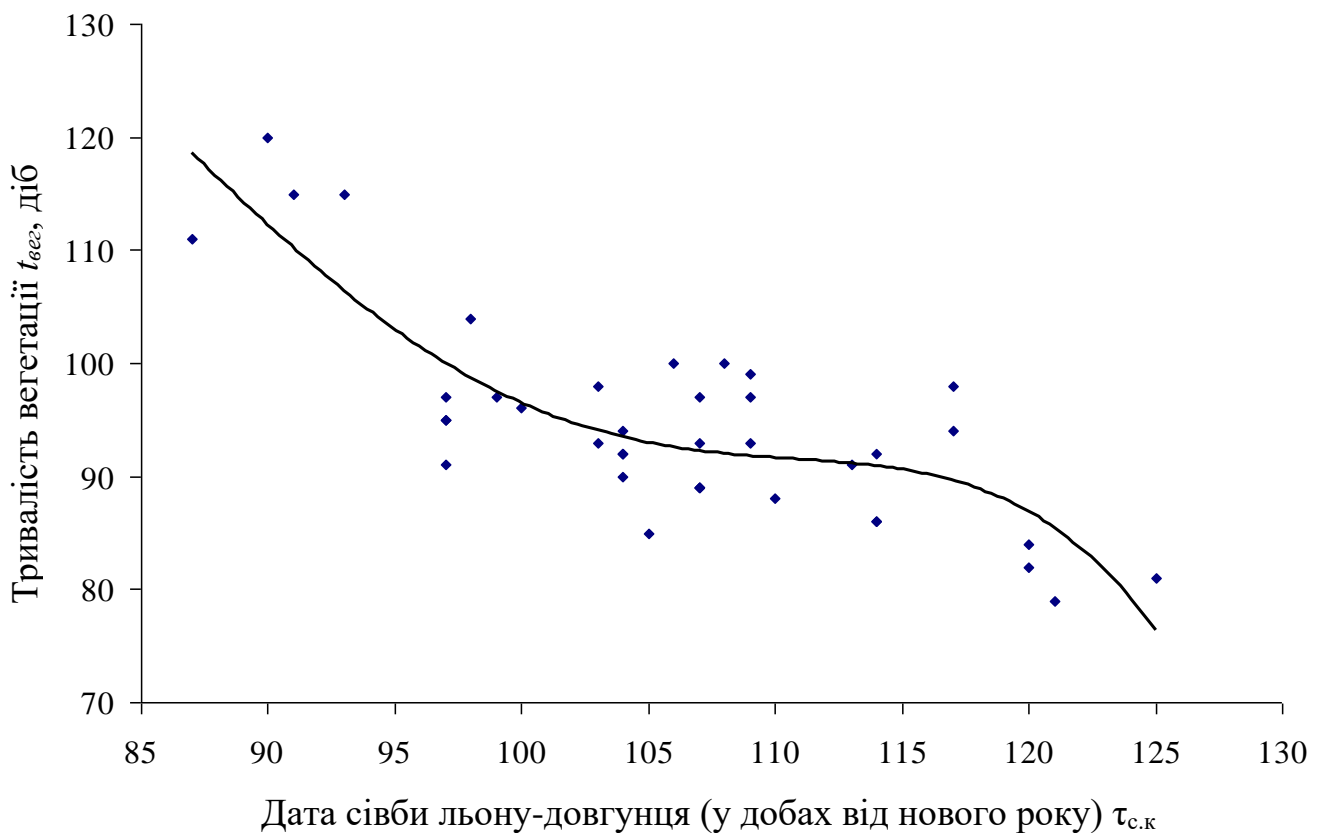


Рисунок 4.2 – Залежність тривалості вегетаційного періоду льону-довгунця від часу його сівби

Статистичне оброблення емпіричних даних дозволило визначити числові характеристики та обґрунтувати розподіли тривалостей ранньої жовтої, жовтої та повної фаз стиглості льону-довгунця (рис. 4.3 – 4.5). Встановлено, що тривалості фаз стиглості можуть бути описані трипараметричним законом розподілу Вейбулла, функція густини ймовірностей якого має наступний вигляд:

- тривалість ранньої жовтої фази стиглості

$$f(t_{pж}) = 0,917 \left( \frac{t_{pж} - 7}{1,885} \right)^{0,729} \times \exp \left[ - \left( \frac{t_{pж} - 7}{1,885} \right)^{1,729} \right]; \quad (4.3)$$

- тривалість жовтої фази стиглості

$$f(t_{ж}) = 0,817 \left( \frac{t_{ж} - 4}{2,228} \right)^{0,821} \times \exp \left[ - \left( \frac{t_{ж} - 4}{2,228} \right)^{1,821} \right]; \quad (4.4)$$

- тривалість повної фази стиглості

$$f(t_n) = 0,803 \left( \frac{t_n - 3}{2,413} \right)^{0,937} \times \exp \left[ - \left( \frac{t_n - 3}{2,413} \right)^{1,937} \right]. \quad (4.5)$$

Статистичні характеристики наведених розподілів відповідно становлять: оцінки математичного сподівання –  $M[t_{pж}] = 8,680$  доби,  $M[t_{ж}] = 5,980$  доби,  $M[t_n] = 5,140$  доби; оцінки середньоквадратичного відхилення –  $\sigma[t_{pж}] = 0,994$  доби,  $\sigma[t_{ж}] = 1,118$  доби,  $\sigma[t_n] = 1,145$  доби.

Значення критерію згоди  $\chi^2$  – Пірсона відповідно становить  $0,314 < 2,706$ ,  $0,644 < 2,706$  та  $0,923 < 2,706$ , що свідчить про прийнятність гіпотези щодо теоретичного закону розподілу Вейбулла [1, 2, 8, 26].

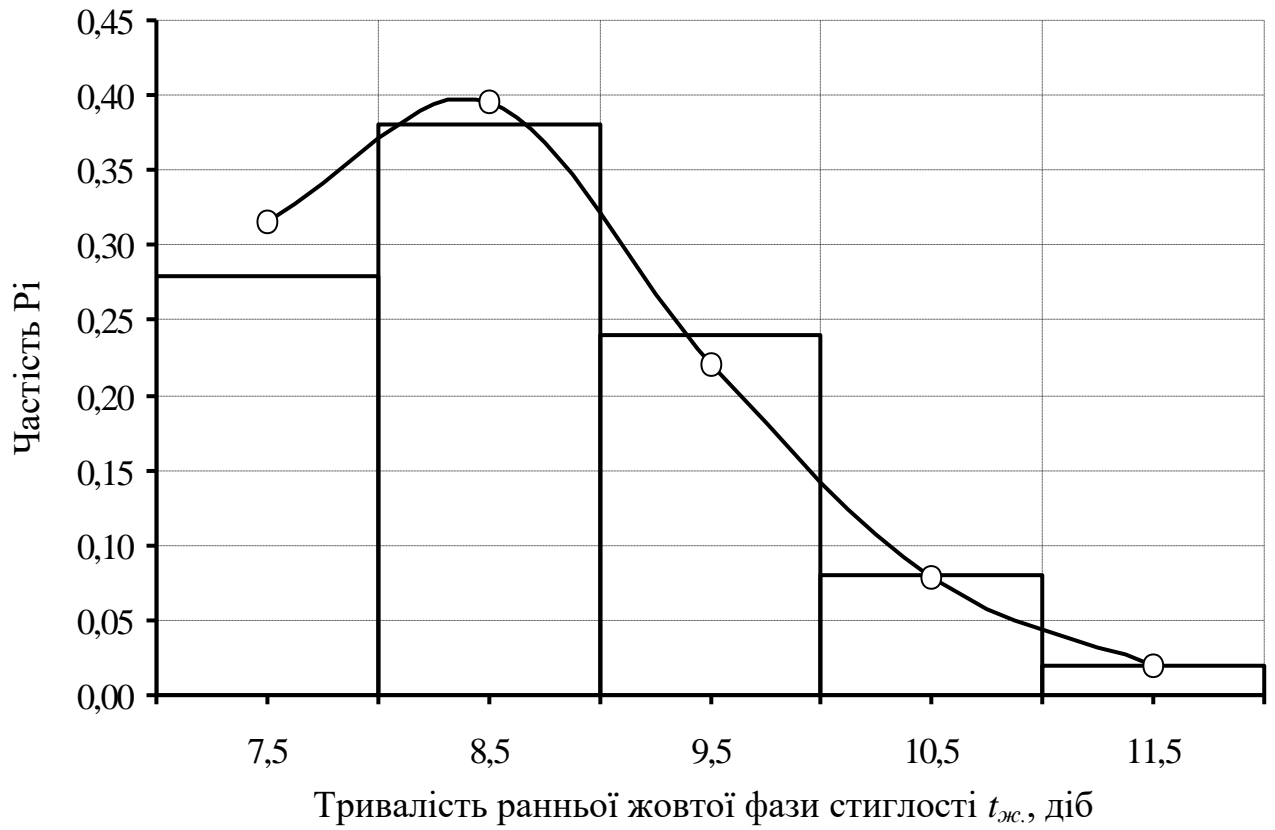


Рисунок 4.3 – Гістограма та теоретична крива розподілу тривалості ранньої жовтої фази стиглості льону-довгунця

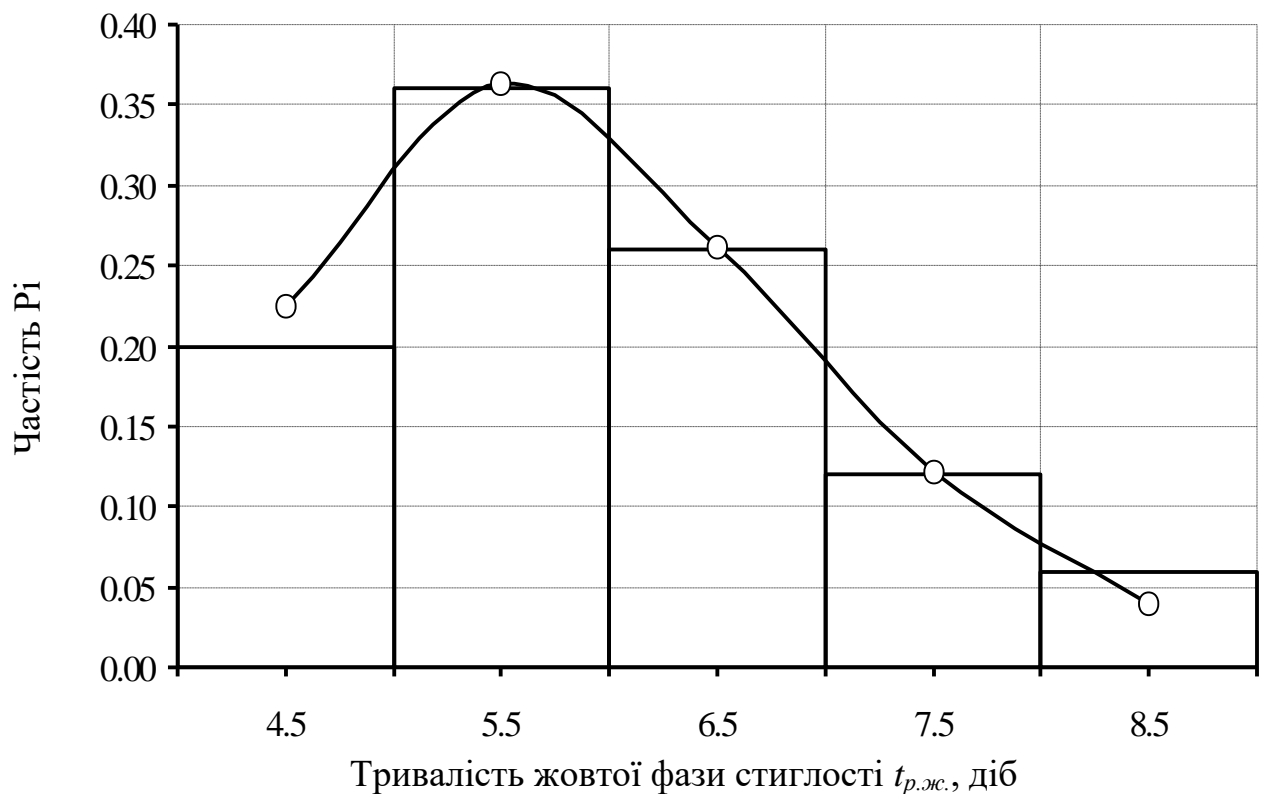


Рисунок 4.4 – Гістограма та теоретична крива розподілу тривалості жовтої фази стиглості льону-довгунця

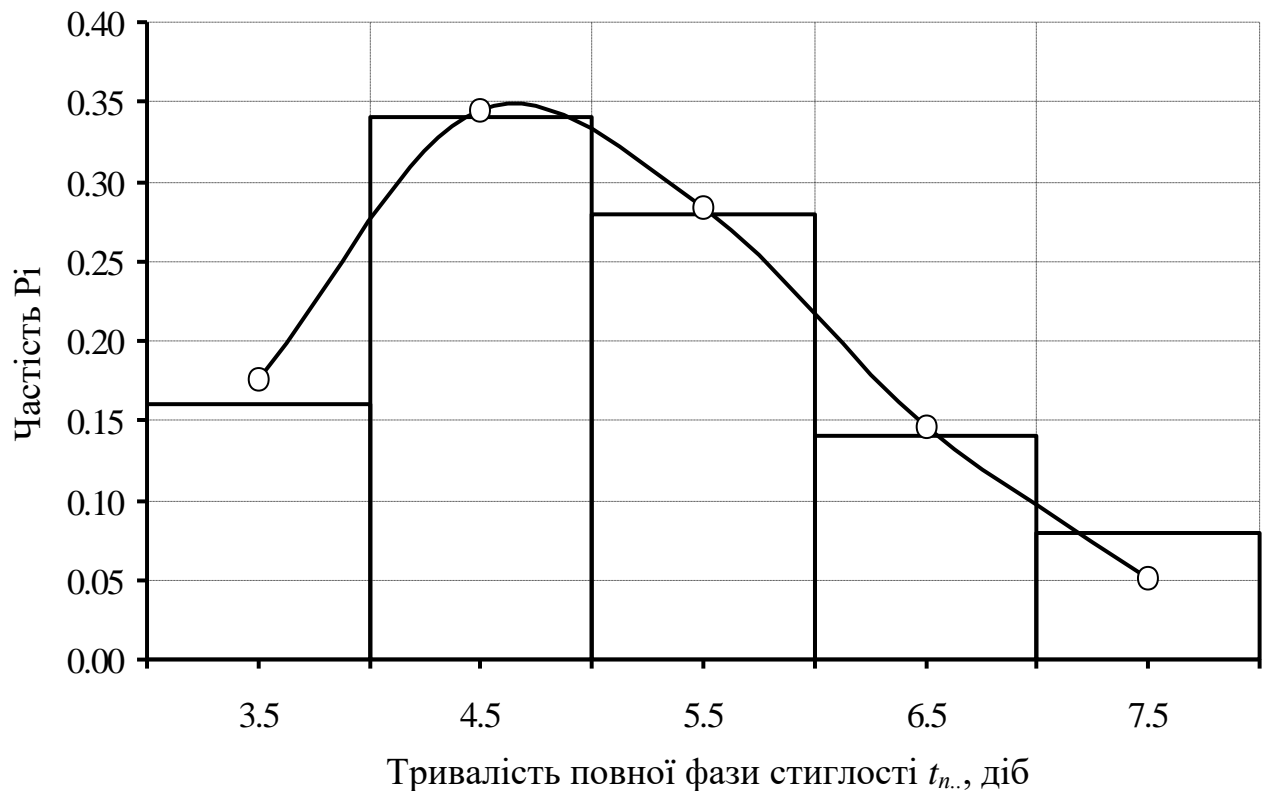


Рисунок 4.5 – Гістограма та теоретична крива розподілу тривалості повної фази стиглості льону-довгунця

Інші статистичні характеристики розподілу тривалостей ранньої жовтої, жовтої та повної фаз стиглостей наведено відповідно в табл. Б.2, Б.3 та Б.4 (див. дод. Б).

#### **4.2. Результати імітаційного моделювання процесів механізованого збирання льону-довгунця**

З метою визначення впливу предметної складової на механізований процес збирання льону-довгунцю (для комбайнового способу), було проведено серію експериментів. Вони являють собою спеціально розроблену комп'ютерну програму, основою якої є імітаційна модель, в яку закладено характеристики агрометеорологічних умов Яворівського району Львівської області, характеристики предмета праці та параметри МТА.

Після проведення комп'ютерних експериментів були розроблені моделі, які відображають фактично виконані роботи при використанні комбайнового способу збирання льону-довгунця від його посівних площ. (рис. 4.6).

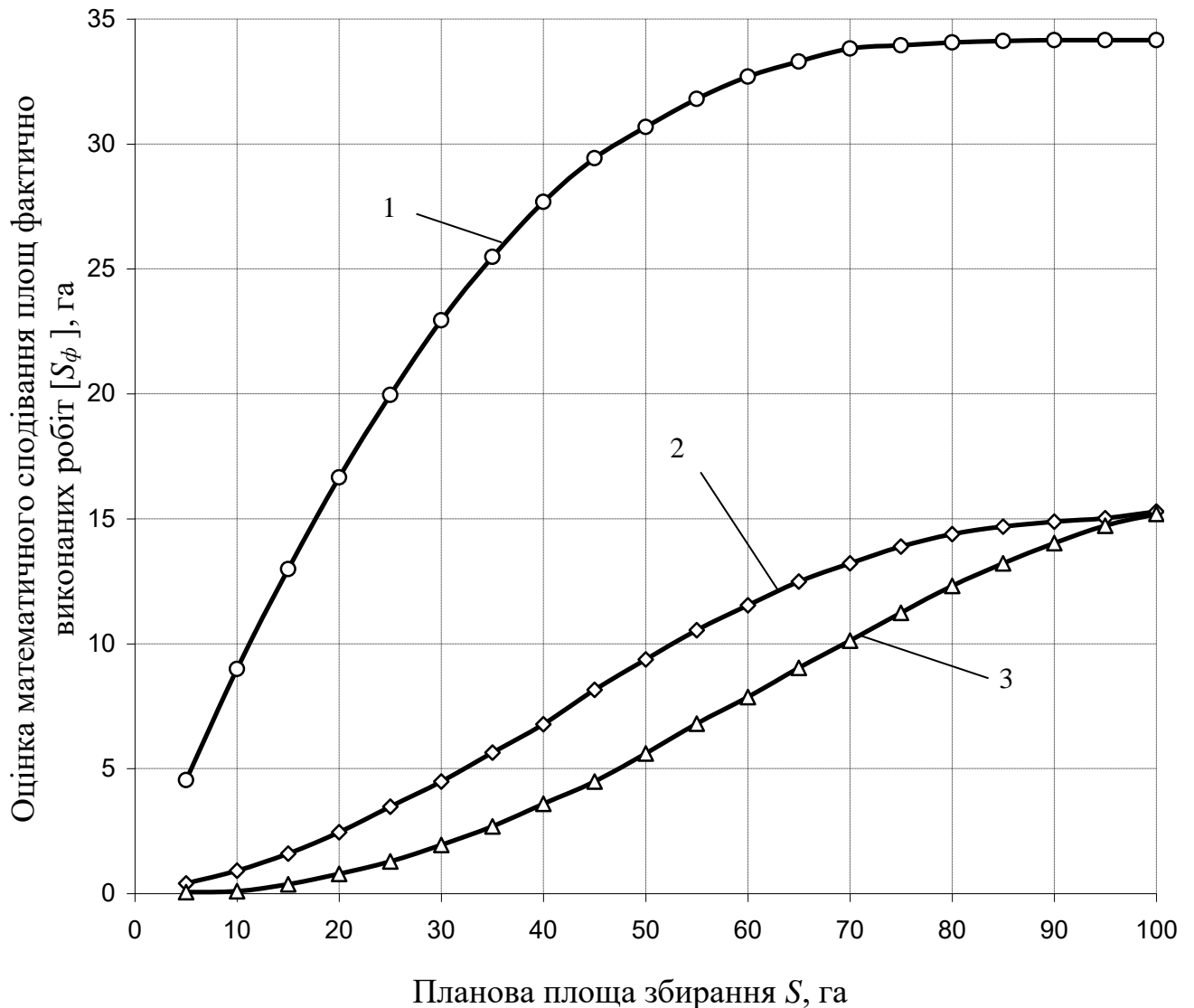


Рисунок 4.6 – Залежність математичного сподівання площі фактично виконаних технологічних операцій від планової площі збирання: (у 1 – ранній жовтій; 2 – у жовтій та 3 – у повній фазі стиглості)

З рис. 4.6 видно, що максимальне значення математичного сподівання фактично виконаного обсягу збиральних робіт становить відповідно: у ранній жовтій  $M[S_{\phi_{рж}}] = 34,15$  га, у жовтій  $M[S_{\phi_{ж}}] = 15,29$  га та повній  $M[S_{\phi_n}] = 15,19$  га фазах стиглості.

## Висновки до розділу 4

1. Аналіз часу виникнення зазначених подій під час механізованого збирання льону-довгунця має велике значення, оскільки вони визначають природний фонд часу для виконання робіт. Очевидно, що ці події є ймовірними. Для вивчення часу настання цих подій були зібрані статистичні дані на основі щоденних спостережень протягом 1963–2023 років.

2. Використання методів математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу дозволило математично обробити дані метеорологічної станції та формалізувати характеристики предметної складової процесу механізованого збирання льону-довгунця.

3. Вплив предметної складової на ефективність процесу механізованого збирання льону-довгунця проявляється через природно дозволений фонд часу, який має змінливий характер (див. рис. 4.3–4.5). Отримані результати надають відповідь на поставлені завдання магістерської роботи.

4. Для визначення впливу предметної складової на процес механізованого збирання льону-довгунця (за комбайнового способу) була проведена серія експериментів. Це включало в себе розробку спеціальної комп'ютерної програми, що базується на імітаційній моделі і враховує характеристики агрометеорологічних умов Яворівського району Львівської області, характеристики предмета праці та параметри механізованого транспортно-технологічного агрегату (МТА).



## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1. Аналіз чинників небезпеки механізованого процесу збирання льону-довгунця

Згідно закону України «Про охорону праці» до роботи на сільськогосподарських машинах допускаються механізатори не молодше 17 років, що пройшли інструктаж і знають їхню будову, регулювання, правила технічного догляду та техніку безпеки загалом. До керування складними сільськогосподарськими і спеціалізованими машинами допускаються особи, що мають права відповідного зразка.

Працювати дозволяється на машинах, технічно справних, відрегульованих, укомплектованих інструментом, приладами, огорожами і пристосуваннями. Перед початком роботи тракторист-машиніст повинен провести щозмінне технічне обслуговування, перевірити технічний стан трактора і машин, що входять в агрегат.

Технічні огляди, регулювання і очищення машин і механізмів проводять під час зупинок і перерв в роботі при заглушеному двигуні. Тракторист-машиніст повинен виконувати всі заходи, що забезпечують безпеку праці, оглядати поле, виявляти природні перешкоди (глибокі ями, велике каміння і т. д.), які представляють небезпеку для МТА, і позначати їх вішками. Поблизу ярів, що межують з полем, проводять контрольні борозни, виводити за які агрегату не дозволяється.

Трактористи, комбайнери і машиністи сільськогосподарських машин і сушильно-очисних пунктів до початку роботи повинні пройти інструктаж по техніці безпеки. Технічний огляд і всі роботи необхідно виконувати в комбінезоні (або зав'язати кінці рукавів і штанив). Під час руху машини не можна знімати намотані і навислі стебла, зістрибувати з неї і т.п.

Присутність сторонніх осіб поблизу працюючої машини не допускається. При маневруванні забороняється знаходитися між трактором і

причіпною машиною. Забороняється стояти біля працюючого в'язального апарату, спиратися на нього і т.п. Всі рухомі та обертові частини машин повинні бути захищені кожухами.

Забороняється робота без пиловловлюючих і пилевідштовхуючих пристроїв (якщо вони додаються до машини). Трактори, самохідні машини і причепа повинні мати справні гальма. У причепів і причіпних машин гальма повинні відповідати наступним вимогам:

- а) гальмувати причіп на ходу;
- б) включатися при відриві причепа від трактора;
- в) надійно утримувати причіп під час стоянки на схилах.

Машини у відчепленому від трактора стані повинні знаходитися в стійкому положенні. Не допускається протікання у вузлах і деталях гідросистеми, мимовільне опускання робочих органів, що перевищує допускається технічними умовами.

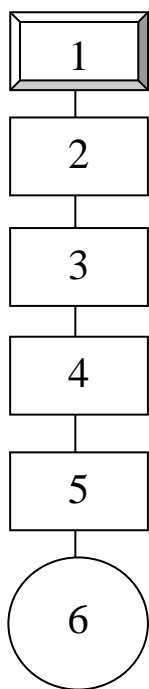
## **5.2. Моделювання виникнення травм та аварій**

Лехман С.Д. описав метод, що дає можливість шляхом побудови “дерева” відказав і помилок операторів різних систем вести математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія, травма, катастрофа. 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.

Метод логічного моделювання процесів формування виникнення небезпечних ситуацій [4] 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.

Основні принципи побудови моделі такі. Вивчається виробництво, на якому мали місце раніше або можуть мати місце аварії, виробничі травми чи катастрофи. Наприклад, на складах зберігання вибухових речовин (пестициди, мінеральні добрива, склади зберігання палива тощо) найнебезпечнішим явищем може бути вибух або загоряння речовини. Приймаючи подію «вибух» як головну і зв'язуючи цю подію шляхом логічного аналізу з наступною подією, що обумовлює її виникнення, за допомогою логічних операторів «І», «АБО» та інших, приходимо до кінцевих подій, з яких і починає формуватися головна подія «вибух». За своєю формою така модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву «дерево відказів і помилок». Кінцеві події мають назву базових.



Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи, що характеризують ті чи інші події. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рис. 5.1).

Рисунок 5.1 – Схема основних принципів побудови логіко-імітаційних моделей

Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, означає подію (у загальному вигляді) або окремий етап побудови моделі: 1 — відказ (аварія, травма, катастрофа) системи — головна подія; 2 — послідовність подій, що призводять до відказу системи; 3 — послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів «І», «АБО» та інших; 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; 6 — базові події зображують у вигляді кружечків із написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі.

### 5.3. Розробка логічно-імітаційної моделі травм у процесі збирання льону-довгунця

Опишемо методику побудови логічно-імітаційної моделі [11]. Головною причиною, яка 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 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.

Перш за все 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.

Необхідно 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.

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.

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.

Побудова логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі механізованого обробітку ґрунту складемо перелік базових подій. Вони лежатимуть в основі даної моделі. Кожній події (пункту) присвоюють певне значення ймовірності його виникнення:

1.Стан охорони праці на виробництві	$P_1 = 0,4;$
2.Несерйозне відношення до проходження ТО	$P_2 = 0,07;$
3.Відсутність комплектуючих	$P_3 = 0,25;$
4.Невисока міцність	$P_4 = 0,05;$
5.Виникнення перешкод на полі під час робочого ходу	$P_6 = 0,18;$
6.Застарілі технічні засоби	$P_7 = 0,3;$
7.Досвід роботи	$P_{12} = 0,1;$
8.Професійний рівень тракториста	$P_{13}=0,12;$
9. Психофізіологічний стан тракториста	$P_{14}= 0,43;$

Наведені події дають змогу побудувати матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічна інтерпретація якої зображено на рис. 5.2.

Розглянемо травмонебезпечну ситуацію, що виникає за умови обробітку ґрунту на значних ухилах поля, близько ярів чи при їх об'їзді, котра може призвести до перекидання ґрунтообробного агрегату, а також розрахуємо ймовірності виникнення подій, що формують логіко-імітаційну модель процесу механізованого обробітку ґрунту у весняний період.

Ймовірність виникнення події  $P_5$  визначаємо наступним чином:

$$P_5 = P_1 + P_2 + P_4 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_4 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_4 - \\ - P_2 \cdot P_3 - P_4 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_4 \cdot P_3;$$

$$P_5 = 0,4 + 0,07 + 0,05 + 0,25 - 0,4 \cdot 0,07 - 0,4 \cdot 0,05 - 0,04 \cdot 0,25 - 0,07 \cdot 0,05 - \\ - 0,07 \cdot 0,25 - 0,05 \cdot 0,25 + 0,4 \cdot 0,07 \cdot 0,05 \cdot 0,25 = 0,588;$$

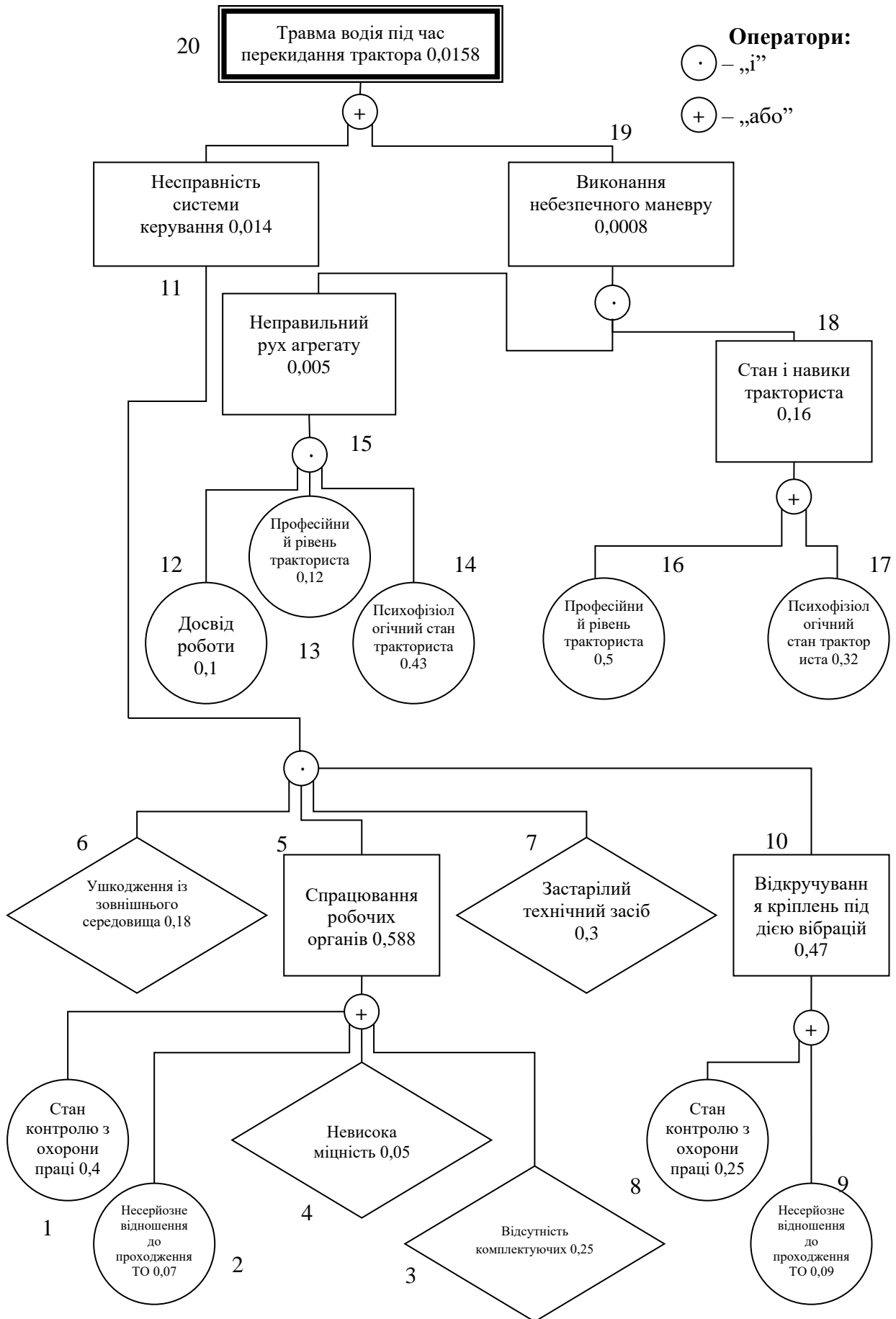


Рисунок 5.2 – Матриця логічних взаємозв'язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації

Ймовірність виникнення події  $P_{10}$  визначаємо так:

$$P_{10} = P_1 + P_2; P_{10} = 0,4 + 0,07 = 0,47;$$

Ймовірність виникнення події  $P_{11}$  визначаємо:

$$P_{11} = P_6 \cdot P_5 \cdot P_7 \cdot P_{10}; P_{11} = 0,18 \cdot 0,588 \cdot 0,3 \cdot 0,47 = 0,014;$$

Ймовірність виникнення події  $P_{15}$  визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{14}; P_{15} = 0,1 \cdot 0,12 \cdot 0,43 = 0,005;$$

Ймовірність події  $P_{18}$ :

$$P_{18} = P_{16} \cdot P_{17}; P_{18} = 0,5 \cdot 0,32 = 0,16;$$

Ймовірність події  $P_{19}$ :

$$P_{19} = P_{15} \cdot P_{18}; P_{19} = 0,005 \cdot 0,16 = 0,0008;$$

Ймовірність події  $P_{20}$ :

$$P_{20} = P_{11} + P_{19}; P_{20} = 0,0149 + 0,0008 = 0,0158.$$

За нашими розрахунками ймовірність виникнення травми тракториста під час перекидання льонозбирального агрегату є досить мала і становить  $P_{20} = 0,0158$ .

#### 5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях

На сьогоднішній день природно-техногенна безпеки для населення і території, зумовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами. Ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невпинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

Згідно із Законом “Про цивільну оборону України” відповідальність за організацію цивільної оборони лягає на керівництво підприємства. Керівництво підприємств повинно забезпечити працівників засобами захисту

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

У системі цивільної оборони окремого господарства необхідно забезпечити захист населення таким чином:

- можливість укриття населення у захисних спорудах;
- використання засобів індивідуального і медичного захисту;
- будівництво захисних споруд, насадження лісосмуг.

Основні положення Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має право проводитися спеціальний комплекс заходів.

Інформування населення, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення.

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

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ГГЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

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.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.



## Висновки до розділу 5

1. Під час механізованого збирання льону-довгунця є досить висока ймовірність виникнення ситуацій які можуть вплинути на стан здоров'я виконавця робіт. Охорона праці на робочому місці тракториста, в кабіні трактора та біля нього, значним чином впливає на використання робочого часу і на продуктивність машини загалом.

2. За описаним Д.Хенлі і Х.Кумамото методом побудови “дерева” відмов і помилок операторів різних систем, дало змогу вести математичну обробку моделі ціль якої є одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія, травма, катастрофа та ДТП. Цей метод (логічного моделювання процесів), варто використовувати 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.

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

4. На сьогоднішній час ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невинно зростає, тому слід звернути увагу на те, які дії має виконувати цивільне населення при виникненні надзвичайних ситуацій. Тому слід забезпечити створення матеріальної бази захисту з метою захисту населення.

## 6. ВАРТІСНЕ ОЦІНЕННЯ ВИТРАТ НА ВИКОНАННЯ РОБІТ У МЕХАНІЗОВАНОМУ ПРОЦЕСІ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ

Відповідно до отриманих даних дослідження тривалості ( $t_{nd}$ ) природно дозволеного фонду часу на виконання механізованих процесів збирання льону-довгунця є імовірнісною величиною із відповідними статистичними характеристиками. Відповідно до цього, планування обсягів робіт щодо механізованих процесів збирання у окремому СГП, яке здійснюється для комплексу машин із заданими параметрами, необхідно здійснювати із врахуванням цієї об'єктивної особливості.

Класично планування обсягів та термінів робіт для відповідного комплексу машин здійснюється за усередненими показниками. Відповідно до цього, мінливість предметної складової та зокрема  $t_{nd}$  зумовить таку ситуацію за якої використання сформованого за усередненими значеннями тривалості  $t_{nd}$  комплексу машин для відповідної площі культур СГП дасть змогу виконувати роботи вчасно, несвоєчасно та із простоями техніки. Інакше кажучи, відхилення  $t_{nd}$  у більшу сторону від свого середнього значення (математичного сподівання) зумовить простої техніки через відсутність роботи, у разі відхилення  $t_{nd}$  у меншу сторону зумовить несвоєчасність робіт та виникнення технологічних втрат.

Для доведення цих тверджень виконаємо розрахунки щодо встановлення планової площі льону-довгунця у СГП для комплексу машин із заданими параметрами, наприклад для комплексу машин сформованого на базі тракторів Т-25 та МТЗ-82 (табл. 6.1).

Виходячи із усереднених термінів настання ранньої жовтої фази стиглості) (див. п.4.1) розпочинати механізований процес збирання необхідно 19 липня (200 доба). Оскільки, якісний врожай льону-довгунця з мінімальними втратами можна отримати під час реалізації механізованих процесів збирання у

Таблиця 6.1 – Структура комплексу машин для механізованих процесів збирання льону-довгунця (за комбайновою технологією)

№ з/п	Назва робіт	Площа, га	Початок робіт, доба	Агротехнічна тривалість робіт, діб	Коеф. змінності	Марка трактора	Марка машини	К-ть працівн., чол.	К-ть доп. працівн., чол.	Годинна продуктивність (W <sub>год.</sub> ),га,т/км	Питома витрата палива, кг/га
1	Збирання льону-довгунця з розстиланням соломки на льонищі	49	19.Лип	14	1.5	МТЗ-82	ЛК-4А	1	0	0.47	15.60
2	Транспортування лляного вороху	49	19.Лип	14	1.5	МТЗ-82	2-ПТС-4	1	0	4.05	3.20
3	Перше обертання стрічки льону-довгунця	49	29.Лип	10	1.5	Т-25А	ОСН-1	1	0	0.65	2.90
4	Друге обертання стрічки льону-довгунця	49	07.Сер	10	1.5	Т-25А	ОСН-1	1	0	0.65	2.90
5	Третє обертання стрічки льону-довгунця	49	17.Сер	10	1.5	Т-25А	ОСН-1	1	0	0.65	2.90
6	Піднімання трести (рулонне)	49	18.Сер	10	1.5	МТЗ-82	ПРП-1.6	1	0	0.40	14.50
7	Наванаження рулонів на ТЗ	49	18.Сер	10	1.5	МТЗ-82	ПФ-0.5	1	0	6.20	4.10

ранній жовтій та жовтій фазах стиглості, встановлюємо на основі усереднених показників тривалості цих фаз  $t_{nd}$  становитиме – 14 діб.

На основі усереднених результатів імітаційного моделювання процесів механізованого збирання льону-довгунця (див. п.4.3) нами вибрано планову площу збирання, яка становить 49 га.

Відповідно до встановленої площі робіт, а також початкових даних вартісного оцінення експлуатаційних витрат (дод. В) визначено питомі експлуатаційні витрати на виконання відповідного обсягу робіт збирання льону-довгунця.

Питомі експлуатаційні витрати ( $B_{тн}$ ) СГП на функціонування машинного агрегату під час виконання, для прикладу, операції збирання льону-довгунця з розстиланням соломки на льонищі визначають за формулою [14, 19]:

$$B_{тн} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (6.1)$$

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

Питомі витрати коштів на оплату праці тракториста становить:

$$C_1 = \frac{m\Pi}{W^{год}}, \quad (6.2)$$

де  $m$  – кількість робітників, які обслуговують агрегат;  $n$  – оплата праці за годинну норму виробітку, грн/год;  $W^{год}$  - годинна продуктивність МТА, га/год;

Відповідно до сформованих початкових даних (табл. 6.1) виконаємо розрахунок експлуатаційних витрат для площі – 49 га та операції збирання льону-довгунця з розстиланням соломки на льонищі, за умови що зайнятість трактора на цій операції становить – 0,1472 (тобто 14,7% від річного фонду часу).

За формулою (6.2) визначаємо питомі витрати коштів на оплату праці тракториста.

$$C_1 = \frac{1 \cdot 98,64}{0,47} = 209,87 \text{ грн/га.}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів визначається за формулою:

$$C_2 = C_k \cdot Q, \quad (6.3)$$

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

$$C_2 = 52 \cdot 15,6 + 210 \cdot 0,1 = 832,20 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на амортизацію [14, 19]:

$$C_3 = \frac{K'' \cdot a \cdot k}{100 \cdot S_\phi}, \quad (6.4)$$

де  $K''$  – балансова вартість трактора (машини), грн;  $a$  - норма відрахувань на амортизацію машини, %;  $k$  - коефіцієнт зайнятості трактора (машини) на технологічних операціях у господарстві;  $S_\phi$  – обсяг робіт, га.

Норма відрахувань на амортизацію машини приймаємо для трактора  $a=15\%$  та для с.г. машини  $a=12\%$ ; коефіцієнт зайнятості для трактора  $k_{rm} = 0,1472$ , для с.г. машини відповідно –  $k_{rm} = 1$ .

- для трактора:

$$C_{31} = \frac{920000 \cdot 15 \cdot 0,1472}{100 \cdot 49} = 414,56 \text{ грн/га.}$$

- для льонокомбайна:

$$C_{32} = \frac{180000 \cdot 12 \cdot 1}{100 \cdot 49} = 440,82 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування визначають за формулою:

$$C_4 = \frac{K'' \cdot p}{W^{200} \cdot T}, \quad (6.5)$$

де  $p$  - норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування для трактора  $p = 0,114\%$  та льонокомбайна  $p = 0,05\%$ ;  $T$  - нормативне річне завантаження для трактора  $T = 1350$  год та льонокомбайна  $T = 60$  год.

Визначаємо відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування у варіанті без вдосконалення

- для трактора:

$$C_{41} = \frac{920000 \cdot 0,114}{0,47 \cdot 1350} = 165,30 \text{ грн/га};$$

- для льонокомбайна:

$$C_{42} = \frac{180000 \cdot 0,05}{0,47 \cdot 60} = 319,15 \text{ грн/га}.$$

Отже визначаємо питомі експлуатаційні витрати ( $B_{тн}$ ) СГП на виконання технологічної операції збирання льону-довгунця з розстиланням соломки на льонищі та функціонування машинного агрегату:

$$B_{тн} = 209,87 + 832,20 + 855,38 + 484,44 = 2381,90 \text{ грн/га};$$

За аналогічною методикою виконано розрахунки для інших операцій, отримані результати зводимо в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати вартісного оцінення загальних експлуатаційних витрат на виконання механізованого процесу збирання льону-довгунця

№ з/п	Назва показника	Питомі витрати, грн/га	Витрати на всій площі культури, грн.
1	Амортизаційні відрахування	1533,43	75138,04
2	Відрахування на ремонт та ТО	1330,55	65196,95
3	Витрати на зарплату	879,74	43107,26
4	Витрати на ПММ	2507,40	122862,60
	<b>Експлуатаційні витрати</b>	<b>6251,12</b>	<b>306304,88</b>

Таким чином, виконання вищенаведених розрахунків дає змогу встановити питомі експлуатаційні витрати коштів на виконання механізованого процесу збирання льону-довгунця. Сумарна потреба у коштах для виконання цих робіт на площі 49 га становитиме – 306304,88 грн.

Необхідно також зазначити, що традиційно для визначення потрібної кількості техніки для виконання множини робіт, які передбачені технологією механізованого вирощування сільськогосподарських культур, використовуються детерміновані методи.

Однак, такий підхід не застерігає СГП від ймовірності того, що за тривалих несприятливих агрометеорологічних умов наявний парк техніки дасть змогу виконати роботи вчасно та буде простоювати без роботи (рис. 6.1). Відповідно до цього, така специфіка процесу механізованого збирання льону-ловгунцю зумовлює потребу використання методів ситуаційного прийняття рішень.

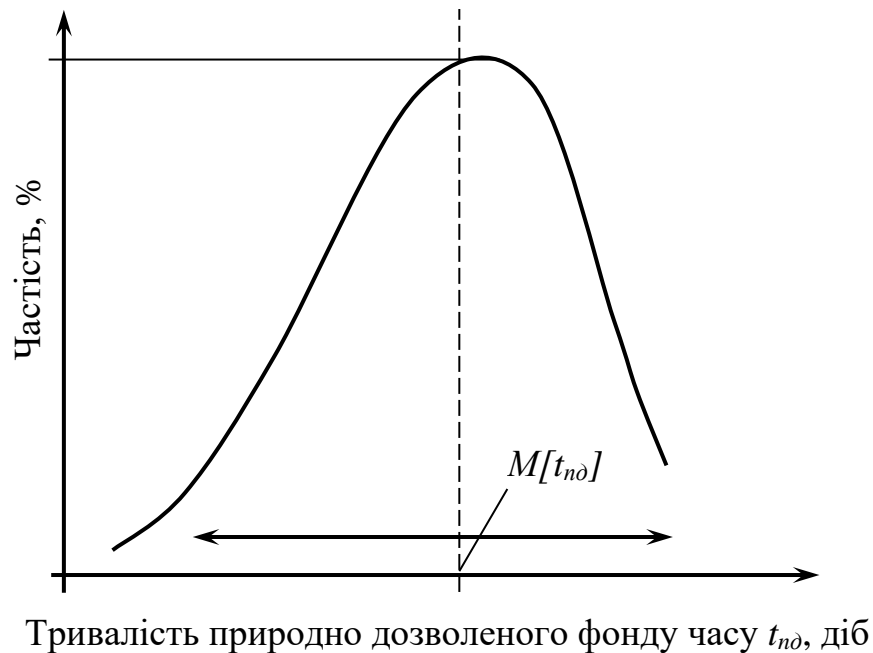


Рисунок 6.1 – Межі відхилення випадкової величини  $t_{nd}$  від її усередненого значення

Таким чином, вартісне оцінення витрат на виконання процесу механізованого збирання льону-ловгунцю на підставі детермінованих показників щодо обсягів робіт у реальних виробничих умовах може бути дещо іншим. Це відхилення зумовлене стохастичною дією агрометеорологічної складової, а відтак призводить до технологічного ризику.

## **Висновки до розділу 6**

1. Застосування методики вартісного оцінення експлуатаційних витрат підприємства на виконання процесу механізованого збирання льону-довгунцю дало змогу встановити витрати коштів на оплату праці тракториста, вартість паливо-мастильних матеріалів, відрахування на амортизацію та технічне обслуговування і ремонт машинних агрегатів.

2. Сумарна потреба у коштах для виконання цієї технологічної операції на площі 49 га становитиме – 306304,88 грн.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. На сьогодні в світі спостерігається тенденція до зменшення площ під посівами льону-довгунця удвічі, але завдяки впровадженню сучасних технологій вдалося збільшити урожайність льняного волокна вдвічі (з 6-7 до 12-14 ц/га).

2. Наукові та методичні підходи, які лежать в основі поточних методів та моделей дослідження процесів механізованого збирання сільськогосподарських культур, на жаль, не враховують сукупної взаємодії основних груп факторів ефективності процесу збирання льону-довгунця.

3. Встановлено, що на ефективність механізованого процесу збирання льону-довгунця впливають різні чинники, включаючи предметний, агрометеорологічний, технологічний, природно-виробничий та технічний. Ці чинники можна класифікувати на керовані, частково керовані та некеровані.

4. Для оцінки експлуатаційних показників механізованих процесів збирання льону-довгунця необхідно враховувати їхню специфіку, оскільки стиглість льону проходить кілька фаз і терміни їх тривалості залежать від різних факторів.

5. Для отримання надійних результатів статистичного імітаційного моделювання механізованих процесів збирання льону-довгунця виконувалося поетапно: розробка блок-схеми та алгоритму імітаційного моделювання; створення комп'ютерної програми; попереднє імітаційне моделювання та перевірка адекватності моделі реальному процесу на умови Малого Полісся Львівщини; визначення оптимальної кількості реалізацій імітаційного моделювання; виконання комп'ютерних експериментів для різних варіантів механізованих процесів; статистична обробка результатів моделювання.

6. Моделювання на ПК включає формулювання мети, розробку концептуальної моделі, підготовку початкових даних, розробку математичної моделі, вибір методу та засобів моделювання, розробку програмної моделі,

перевірку адекватності та коригування моделі, планування машинних експериментів, моделювання на ПК та аналіз результатів.

7. Використання методів кореляційно-регресійного аналізу дозволило обґрунтувати лінійну залежність тривалості вегетації льону-довгунця від дати сівби, що дало можливість прогнозування термінів початку збирання.

8. Статистична обробка результатів агрометеорологічних спостережень дозволила застосувати методи математичної статистики для визначення тривалості різних фаз стиглості врожаю (див. рис. 4.3–4.5). Виявлено, що ці тривалості відповідають теоретичному закону розподілу Вейбулла. Основні статистичні характеристики цих розподілів наведено нижче: оцінки математичного сподівання –  $M[t_{pж}] = 8,680$  доби,  $M[t_{ж}] = 5,980$  доби,  $M[t_n] = 5,140$  доби; оцінки середньоквадратичного відхилення –  $\sigma[t_{pж}] = 0,994$  доби,  $\sigma[t_{ж}] = 1,118$  доби,  $\sigma[t_n] = 1,145$  доби. Довірчий інтервал для кожної фази відповідає наступним значенням: для ранньої жовтої - від 7 до 12 діб, для жовтої - від 4 до 9 діб, для повної - від 3 до 8 діб.

9. Вплив предметної складової на ефективність процесу механізованого збирання льону-довгунця виявляється через природно дозволений фонд часу, який має змінливий характер.

10. Використання методики вартісного оцінювання експлуатаційних витрат дозволило визначити витрати на оплату праці, паливо-мастильні матеріали, амортизацію та обслуговування для виконання механізованого збирання льону-довгунця на площі 49 га, що становить 306304,88 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
2. Гайдучок В. М., Затхей Б. І., Лінник М. К. Теорія і технологія наукових досліджень. Навчальний посібник. Львів : Афіша, 2005. – 232 с.
3. Галузева програма розвитку льонарства в Україні на 2006 – 2010 роки URL: <http://www.minagro.gov.ua/> (дата звернення: 07.06.2023).
4. Гряник Л. К. Охорона праці і пожежна безпека. Київ: Вища школа, 1994. 264 с.
5. Демчук В. Льонарство: Шляхи виходу з кризи // Пропозиція. 1999. №6. С.24-26.
6. Державна служба статистики України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 07.06.2023).
7. Євмінов А.М., Карпунець І.П. та ін. Довідник по технічних культурах. Київ: Урожай, 1998. 265с.
8. Єременко В. С., Куц Ю. В., Мокійчук В. М., Самойліченко О. В. Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб. Київ: НАУ, 2013. 320 с.
9. Жалдак М. І., Триус Ю. В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. Черкаси: Брама-Україна, 2005. 608
10. Кирилюк Р. М. Зміна якості льонотрести в процесі її приготування і зберігання : дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 1994. 196 с.
11. Лехман С. Д. та ін. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 269 с.
12. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ „Українські технології”, 2006. 760 с.
13. Макаєв В. Роздільне збирання льону-довгунцю / В. Макаєв, Р. Гілязетдінов, В. Сірий // Пропозиція. 2000. № 1. С. 84–85.

14. Марченко В. Методика визначення показників економічної ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку. Збірник наук.пр. НАУ. Механізац. с.г. ви-ва. Т.XIV. 2003. С. 189-194.
15. Мельник І.П. Механізація робіт у льонарстві / Мельник І. П., Панченко С. І., Ковальов В. Б. Ужгород : Карпати, 1998. 134 с.
16. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / [редкол. : М. В. Зубець (гол. редколегії) та ін.]. Київ: Урожай, 2004. 560 с.
17. Неруш В. Б., Курдеча В. В. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій. Київ: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. 115 с.
18. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології: Підручник. Одеса : Видавництво ТЕС, 2012. 250 с.
19. Про затвердження Методики обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин” постанова Кабінету міністрів України від 12 липня 2004 р. N 885.
20. Сидорчук Л. Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур : дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2008. 180 с.
21. Сидорчук О. В, Сенчук С. Р. Інженерний менеджмент: системотехніка виробництва. Навчальний посібник. Львів: Львів. ДАУ, 2006. 127с.
22. Сидорчук О. Імовірнісні явища та події у процесі збирання льону-довгунця / О. Сидорчук, А. Шарибура // вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. 2008. Т.1, № 12. С.55–62.
23. Сидорчук О., Шарибура А. Переваги і недоліки механізованих технологій збирання льону // Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. 2004. №8. С.66-71.

24. Сидорчук О. В. Наукові основи інженерного менеджменту технічного сервісу рільництва / Сидорчук О. В., Сенчук С. Р., Кухарук О. В. Львів : Львів. ДАУ, 2001. 172 с.
25. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підруч. / Д. Г. Войтюк, та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
26. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 442 с.
27. Хайліс Г. Про способи збирання льону // Пропозиція. 1999. №7. С. 52-53.
28. Хайліс Г. Технологічні аспекти вдосконалення вирощування і збирання льону-довгунцю / Г. Хайліс, Ю. Проценко, В. Залужний // Техніка АПК. 2003. № 3. С. 4–6.
29. Ціп Є. І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових : дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2002. 182 с.
30. Шарибура А. О. Управління змістом та часом у проектах з технологічним ризиком (стосовно збирання льону-довгунця): дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2010. 198 с.
31. Шарибура А. О. Концептуальна модель льонозбирального комплексу / А. О. Шарибура // Сільськогосподарські машини Луцьк : Волин. відділення ІАУ, 2005. С. 247–252.
32. Шарибура А. О. Чинники ефективності метеорологічно адаптованих технологій збирання льону-довгунця / А. О. Шарибура // Вісник Львівського державного аграрного університету : агроінженерні дослідження. 2006. № 10. С. 530–535.

# ДОДАТКИ



Таблиця А.2

Книжка для запису метеорологічних спостережень (форма КМ-1)

ДАТА		ЧАС																								ПРИМІТКА			
		21/			00/			03/			06/			09/			12/			15/			18/						
ВІДИ-МІСТЬ	ОБ'ЄКТ ОСВІТЛЕННЯ Е																												
	ВМПРАВЛЕНИЙ ВІДЛІК КМ, ЦИФРИ КОДУ																												
ХМАРНІСТЬ	КІЛЬ. ЗАГ.	ВИСОТА																											
		НИЖНЬОЇ ГРАНИЦІ																											
	НИЖ																												
	ВЕРХНІЙ																												
	СЕРЕДНІЙ																												
	НИЖНІЙ																												
СТАН ПОГОДИ	між строками W <sub>1</sub> W <sub>2</sub>																												
	В строк W W																												
	АТМОСФЕРНІ ЯВИЩА																												
ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНІ ГРУНТ	СТРОКОВА																												
	МІНІМАЛЬНА																												
	СПИРТ	ШТИФТ																											
	МАКСИМАЛЬНА	ДО СТРУСУ																											
	ПІСЛЯ СТРУСУ																												
		відл.	попр	випр знач	відл.	попр	випр знач	відл.	попр	випр знач	відл.	попр	випр знач	відл.	попр	випр знач	відл.	попр	випр знач	відл.	попр	випр знач	відл.	попр	випр знач	відл.	попр	випр знач	
ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ	СУХІЙ ТЕРМОМЕТР																												
	ЗМОЧЕНИЙ ТЕРМОМЕТР																												
	МІНІ МАЛЬНИЙ	СПИРТ																											
		ШТИФТ																											
	МАКСИМАЛЬНИЙ	ДО СТРУСУ																											
		ПІСЛЯ СТРУСУ																											
ВОЛОГІСТЬ	ГІГРОМЕТР																												
	ПРУЖ. ВОД ПАРИ	ВІДНОСНА																											
	ДЕФІЦИТ ПРУЖНОСТІ	ТОЧКА РОСИ																											
ВІТЕР	НАПРЯМОК	ШВИДКІСТЬ																											
	МАКСИМАЛЬНИЙ ПОРІВ В СТРОКІ МІЖ СТРОКАМИ																												
ТИСК	ТЕРМОМЕТР ПРИ БАРОМЕТРІ																												
	ВІДЛІК БАРОМЕТРА																												
	ВІРТУАЛЬНА ТЕМПЕРАТ.																												
	ТИСК НА РІВНІ МОРЯ																												
	БАРОМЕТР. ТЕНДЕНЦІЯ																												
КІЛЬКІСТЬ ОПАДІВ																													
ПІДПИС																													



**Додаток Б.**  
**Результати математичного опрацювання даних основних виробничих спостережень**  
**та комп'ютерних експериментів**

Таблиця Б.1

**Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу**  
**часу сівби льону-довгунця**

№	Униз	Уверх	У <sub>i</sub>	М(i)	P <sub>i</sub>	У <sub>i</sub> *P <sub>i</sub>	(У <sub>i</sub> -У <sub>с</sub> ) <sup>2</sup> *P <sub>i</sub>	f(y)	Теоретична частість
1	87,0	92,4	89,7	2	0,051	4,601	13,140	0,007	0,039
2	92,4	97,9	95,1	5	0,128	12,198	14,347	0,021	0,114
3	97,9	103,3	100,6	8	0,205	20,630	5,441	0,040	0,218
4	103,3	108,7	106,0	10	0,256	27,179	0,020	0,049	0,266
5	108,7	114,1	111,4	8	0,205	22,857	6,681	0,038	0,208
6	114,1	119,6	116,9	4	0,103	11,985	12,718	0,019	0,105
7	119,6	125,0	122,3	2	0,051	6,271	14,070	0,006	0,034
				39	1	105,722	66,418		0,983

Закон розподілу - *Нормальний*

Математичне сподівання	У <sub>с</sub>	105,722	Число ступенів вільності	<i>r</i>	4
Дисперсія	<i>D</i>	66,418	Рівень значимості	<i>α</i>	0,100
Серед.-квадр. Відхилення	<i>σ</i>	8,150	Хі-квадрат розрахункове	<i>X</i> <sup>2</sup>	0,628
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,077	Хі-квадрат табличне	<i>(X*)</i> <sup>2</sup>	7,779
Параметр мірила	<i>a</i>	93,194	Коефіцієнт	<i>Kb</i>	0,981
Параметр форми	<i>b</i>	8,388	Коефіцієнт	<i>Cb</i>	0,087
				<i>b/a</i>	0,090
				<i>0,090</i>	

Таблиця Б.2

**Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу  
тривалості ранньої жовтої фази стиглості**

№	Униз	Уверх	У <sub>i</sub>	М(i)	P <sub>i</sub>	У <sub>i</sub> *P <sub>i</sub>	(У <sub>i</sub> -У <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> *P <sub>i</sub>	f(y)	Теоретична частість
1	7,0	8,0	7,5	14	0,280	2,100	0,390	0,31513740	0,315
2	8,0	9,0	8,5	19	0,380	3,230	0,012	0,39582337	0,396
3	9,0	10,0	9,5	12	0,240	2,280	0,161	0,22094391	0,221
4	10,0	11,0	10,5	4	0,080	0,840	0,265	0,07808769	0,078
5	11,0	12,0	11,5	1	0,020	0,230	0,159	0,01920630	0,019
				50	1	8,680	0,988		1,029

Закон розподілу - *Вейбулла*

Математичне сподівання	<b>У<sub>c</sub></b>	8,680	Число ступенів вільності	<b>r</b>	1
Дисперсія	<b>D</b>	0,988	Рівень значимості	<b>α</b>	0,100
Серед.-квадр. Відхилення	<b>σ</b>	0,994	Хі-квадрат розрахункове	<b>Х<sup>2</sup></b>	0,314
Коефіцієнт варіації	<b>v</b>	0,592	Хі-квадрат табличне	<b>(Х*)<sup>2</sup></b>	2,706
Параметр мірила	<b>a</b>	1,885	Коефіцієнт	<b>Kb</b>	0,891
Параметр форми	<b>b</b>	1,729	Коефіцієнт	<b>Cb</b>	0,527
			Коефіцієнт	<b>b/a</b>	0,917

Таблиця Б.3

**Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу  
тривалості жовтої фази стиглості**

№	Униз	Уверх	У <sub>і</sub>	М(і)	Р <sub>і</sub>	У <sub>і</sub> *Р <sub>і</sub>	(У <sub>і</sub> -У <sub>с</sub> ) <sup>2</sup> *Р <sub>і</sub>	f(y)	Теоретична частість
1	4,0	5,0	4,5	10	0,200	0,900	0,438	0,22439058	0,224
2	5,0	6,0	5,5	18	0,360	1,980	0,083	0,36316680	0,363
3	6,0	7,0	6,5	13	0,260	1,690	0,070	0,26173289	0,262
4	7,0	8,0	7,5	6	0,120	0,900	0,277	0,12157277	0,122
5	8,0	9,0	8,5	3	0,060	0,510	0,381	0,03985980	0,040
				50	1	5,980	1,250		1,011

Закон розподілу - *Вейбулла*

Математичне сподівання	У <sub>с</sub>	5,980	Число ступенів вільності	<i>r</i>	1	
Дисперсія	<i>D</i>	1,250	Рівень значимості	<i>α</i>	0,100	
Серед.-квадр. Відхилення	<i>σ</i>	1,118	Хі-квадрат розрахункове	<i>X</i> <sup>2</sup>	0,644	
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,565	Хі-квадрат табличне	( <i>X</i> <sup>*</sup> ) <sup>2</sup>	2,706	
Параметр мірила	<i>a</i>	2,228	Коефіцієнт	<i>Kb</i>	0,889	
Параметр форми	<i>b</i>	1,821	Коефіцієнт	<i>Cb</i>	0,502	
				Коефіцієнт	<i>b/a</i>	0,818

Таблиця Б.4

**Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу тривалості повної фази стиглості**

№	Униз	Уверх	У <sub>i</sub>	М(i)	Р <sub>i</sub>	У <sub>i</sub> *Р <sub>i</sub>	(У <sub>i</sub> -У <sub>с</sub> ) <sup>2</sup> *Р <sub>i</sub>	f(y)	Теоретична частість
1	3,0	4,0	3,5	8	0,160	0,560	0,430	0,17523847	0,175
2	4,0	5,0	4,5	17	0,340	1,530	0,139	0,34529934	0,345
3	5,0	6,0	5,5	14	0,280	1,540	0,036	0,28430551	0,284
4	6,0	7,0	6,5	7	0,140	0,910	0,259	0,14564202	0,146
5	7,0	8,0	7,5	4	0,080	0,600	0,446	0,05080359	0,051
				50	1	5,140	1,310		1,001

Закон розподілу - *Вейбулла*

Математичне сподівання	<b>У<sub>с</sub></b>	5,140	Число ступенів вільності	<b>r</b>	1
Дисперсія	<b>D</b>	1,310	Рівень значимості	<b>α</b>	0,100
Серед.-квадр. Відхилення	<b>σ</b>	1,145	Хі-квадрат розрахункове	<b>Х<sup>2</sup></b>	0,923
Коефіцієнт варіації	<b>v</b>	0,535	Хі-квадрат табличне	<b>(Х*)<sup>2</sup></b>	2,706
Параметр мірила	<b>a</b>	2,413	Коефіцієнт	<b>Kb</b>	0,887
Параметр форми	<b>b</b>	1,937	Коефіцієнт	<b>Cb</b>	0,474
			Коефіцієнт	<b>b/a</b>	0,803

## Додаток В

Таблиця В.1.

Початкові дані вартісного оцінення експлуатаційних витрат комплексу машин для механізованого процесу збирання льону-довгунця сформованого на базі тркторів Т-25 та МТЗ-82

Перелік операцій та агротехнічні вимоги	Склад агрегату		Вартість машини, грн		Амортизація, %		Коеф зайнятості трактора	Коеф зайнятості машини	ТО і ремонт, грн		Годинна платня, грн./год		Річне напрацювання, год	
	трактор, автомобіль	с.-г. машини (їх кількість)	трактор, автомобіль	с.-г. машини (їх кількість)	трактор, автомобіль	с.-г. машини (їх кількість)			трактор, автомобіль	с.-г. машини (їх кількість)	Трактористів	Допоміжних робітників	трактор, автомобіль	с.-г. машини (їх кількість)
Збирання льону-довгунця з розстиланням соломки на льонищі	МТЗ-82	ЛК-4А	920000	180000	15	12	0,1472	1	0,099	0,05	98,64	0	1350	60
Транспортування лляного вороху	МТЗ-82	2-ПТС-4	920000	110000	15	12	0,0135	0,08	0,099	0,13	98,64	0	1350	800
Перше обертання стрічки льону-довгунця	Т-25А	ОСН-1	360000	85000	15	12	0,0798	0,33	0,114	0,05	98,64	0	1350	60
Друге обертання стрічки льону-довгунця	Т-25А	ОСН-1	360000	85000	15	12	0,0798	0,33	0,114	0,05	98,64	0	1350	60
Третє обертання стрічки льону-довгунця	Т-25А	ОСН-1	360000	85000	15	12	0,0798	0,33	0,114	0,05	98,64	0	1350	60
Піднімання трести (рулонне)	МТЗ-82	ПРП-1.6	920000	130000	15	12	0,1297	0,3	0,099	0,08	98,64	0	1350	100
Наванаження рулонів на ТЗ	МТЗ-82	ПФ-0.5	920000	68000	15	12	0,0067	0,3	0,099	0,13	98,64	0	1350	600