

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ
ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН
ІМ. ПРОФЕСОРА О.Д. СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „Дослідження допустимого фонду часу роботи зернозбирального
комбайна в умовах Малого Полісся Львівщини”

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-21 Маг
Спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Максимишин Тарас Ігорович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Шарibuра А.О.

(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: _____

(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2021

658.51:631.3

Магістерська робота: 80 с. текст. част., 23 рис., 7 табл., 11 слайдів, 35 літ. джерел.

Дослідження допустимого фонду часу роботи зернозбирального комбайна в умовах Малого Полісся Львівщини

Максимишин Т.І. Кафедра ЕтаТСМ ім. проф. О.Д. Семковича. – Дубляни, Львівський НАУ, 2021.

Розроблено методику, зібрано, опрацьовано та проаналізовано статистичну інформацію про кліматичні умови Малого Полісся Львівщини та їх вплив на розвиток та досягання ранніх зернових культур. Доведена можливість достатньо точного прогнозування часу повної стиглості ранніх зернових культур на окремих полях за даними терміну настання фази “вихід в трубку”, що є основою своєчасного коригування сезонної виробничої програми сервісного підприємства за вартісним критерієм. Обґрунтовано методику прогнозування термінів досягання ранніх зернових культур на окремих полях за допомогою статистичного імітаційного моделювання.

Виконані виробничі експерименти та обґрунтовано методику прогнозування термінів досягання ранніх зернових культур на окремих полях на основі статистичного моделювання.

Виконані дослідження термінів досягання ранніх зернових культур в залежності від термінів їх сівби, зумовлених агрокліматичними умовами весняного періоду того чи іншого календарного року.

Виконано аналіз умови праці, побуту і профілактики травматизму у підприємстві, розроблено логіко-імітаційну модель травм на виробництві.

Виконано вартісне оцінення витрат на виконання робіт у процесі механізованого збирання зернових.

ЗМІСТ

	ст.
ПЕРЕДМОВА	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	9
1.1. Природно-виробниче середовище Малого Полісся.....	9
1.2. Аналіз стану виробництва зернових культур в Україні та світі	11
Висновки до розділу 1	16
2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ	17
2.1. Науково-методичні засади ресурсоощадного збирання зернових культур	17
2.2. Концептуальна модель прогнозування термінів дозрівання зернових культур	23
2.3. Аналіз чинників ефективності процесу механізованого збирання зернових культур	26
Висновки до розділу 2	29
3. МЕТОДИКА ВИРОБНИЧИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ.....	30
3.1. Методика математичного опрацювання статистичних даних	30
3.2. Метод прогнозування термінів дозрівання ранніх зернових культур на основі статистичного моделювання	34
3.3. Методика та результати виробничих експериментів.....	37
3.4. Виконання досліджень та розробка методики обґрунтування розпису збирання зернових культур на окремих полях	44
Висновки до розділу 3	54
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
4.1. Структурно функціональний аналіз та оцінення травмонебезпечних чинників в процесі механізованого збирання зернових	56

4.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм у процесі механізованого збирання зернових	57
4.3. Безпека в надзвичайних	62
Висновки до розділу 4	64
5. Вартісне оцінення ВИТРАТ НА ВИКОНАННЯ РОБІТ У ПРОЦЕСІ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ.....	64
Висновки до розділу 5	70
Висновки та пропозиції	70
Бібліографічний список	73
Додатки	76

ПЕРЕДМОВА

В Україні щорічно зерновими культурами засівається біля 13 млн. га. ріллі. Для збирання зернових культур в державі є наявно біля 50 тис. зернозбиральних комбайнів. У середньому на один комбайн припадає понад 200 га зернових культур. В розвинутих країнах світу на зернозбиральний комбайн припадає менше 70 га зернових. Велике сезонне навантаження зумовлює довготривале (несвоєчасне) збирання, через що втрачається (осипається) вирощений урожай. За оцінками експертів ці втрати сягають 15% вирощеного урожаю (понад 5 млн. тонн зерна).

У середині 90-х років в Україні почалося утворення підприємств технологічного сервісу (ПТС), які на замовлення сільськогосподарських підприємств (СГП) почали збирати зернові культури на основі централізованого організаційного методу. Це уможливило збільшення сезонного навантаження на комбайн.

Однак, як переконує практика, централізоване збирання зернових характеризується багатьма недоречностями, зокрема, відсутністю гарантій ПТС стосовно своєчасного збирання зернових культур на окремих полях, через що СГП несуть збитки.

Отже, існує потреба розроблення науково-методичних засад організації централізованого збирання зернових культур на основі узгодження взаємодії між СГП і ПТС, так як вони відсутні.

Мета роботи – дослідити вплив мінливості агрометеорологічних та предметних умов на формування природно дозволеного фонду часу роботи зернозбирального комбайна в умовах Малого Полісся Львівщини

Завдання дослідження:

- здійснити аналіз стану виробництва зернових в Україні та світі;
- проаналізувати науково-методичні засади ресурсоощадного збирання зернових культур;

– означити науково-методичні основи дослідження формування (виникнення) природно дозволеного фонду часу роботи зернозбирального комбайна в умовах Малого Полісся Львівщини;

– розробити метод кількісного оцінення тривалості природно дозволеного фонду часу роботи зернозбирального комбайна;

– розробити алгоритм та змоделювати агрометеорологічні умови для періоду збирання зернових культур і встановити статистичні характеристики тривалості природно дозволеного фонду часу.

– виконати вартісне оцінення витрат на виконання робіт у процесі механізованого збирання зернових.

Об’єкт дослідження: предметні та агрометеорологічні чинники природнозумовленого фонду часу на виконання механізованого процесу збирання зернових культур.

Предмет дослідження: дані агрометеорологічної станції щодо агрометеорологічних умов для періоду вегетації зернових культур, показники тривалості природно дозволеного фонду часу роботи зернозбирального комбайна.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

- залежність тривалості вегетації головних зернових сільськогосподарських культур від часу їх сівби;
- залежність між кліматично допустимим фондом часу роботи комбайна впродовж доби та дефіцитом вологості.

Практичне значення результатів полягає у тому, що:

Одержані результати дають змогу сільськогосподарським підприємствам (СГП) підвищити ефективність використання зернозбиральних комбайнів шляхом зменшення питомих експлуатаційних витрат.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Природно-виробниче середовище Малого Полісся

Мале Полісся – є одним із багатьох природних областей на території України. Географічно воно розміщується на півдні Рівненської та півночі Львівської областей, а також охоплює північ Тернопільської та Хмельницької областей [17, 20].

Також Мале Полісся на півночі межує із лісостеповою Волинською височиною, а також з Повчанською височиною, Сокальським пасмом і Мізоцьким кряжем, на південному заході – з Розточчям, а на південному сході та півдні – з лісостеповою Подільською височиною. Від «Великого» Полісся воно є відділене Волинською височиною. Його вважають своєрідною природною областю, що простягається на заході від Рави-Руської до Житомирського Полісся на сході, де у районі міст Шепетівки та Славути з'єднується з ним. Вдовжину Мале Полісся становить понад 300 км, а ширина при цьому в середньому становить 20...25 км. Найвужчою її частиною є ділянка, що розташована на південний захід від міста Острог. На Півночі межа Малого Полісся розміщена поруч з такими населеними пунктами як: Червоноград - Белз - Берестечко - Верба - Козин - Острог - Буца - Бачманівка - Крупець [17, 20].

Фізично область Малого Полісся складається з Бродівської рівнини, Надбужанської котловини та Острозької долини. Географічно воно добре виражається як зниження. Відповідно з Півдня Гологоро-Кременецьке пасмо обривається крутим уступом висотою понад 150 м (місцями і понад 180 м.), а Волинська височина відповідно уступом висотою 40...60 м.

Мале Полісся відноситься до окремо виділеної фізико-географічної області у Західноукраїнській лісостеповій провінції, однак деякі науковці стверджують, що її слід відносити до Поліської провінції, а саме зони змішаних лісів.

Щодо розташування Мале Полісся в межах Львівської області то тут воно має трикутну форму. Відповідно на сході і звуженням до 5...6 км, а на заході воно розширене до 60...70 км. Зазвичай воно природньо являє собою плоскохвилясту низовину (рисунок 1.1).

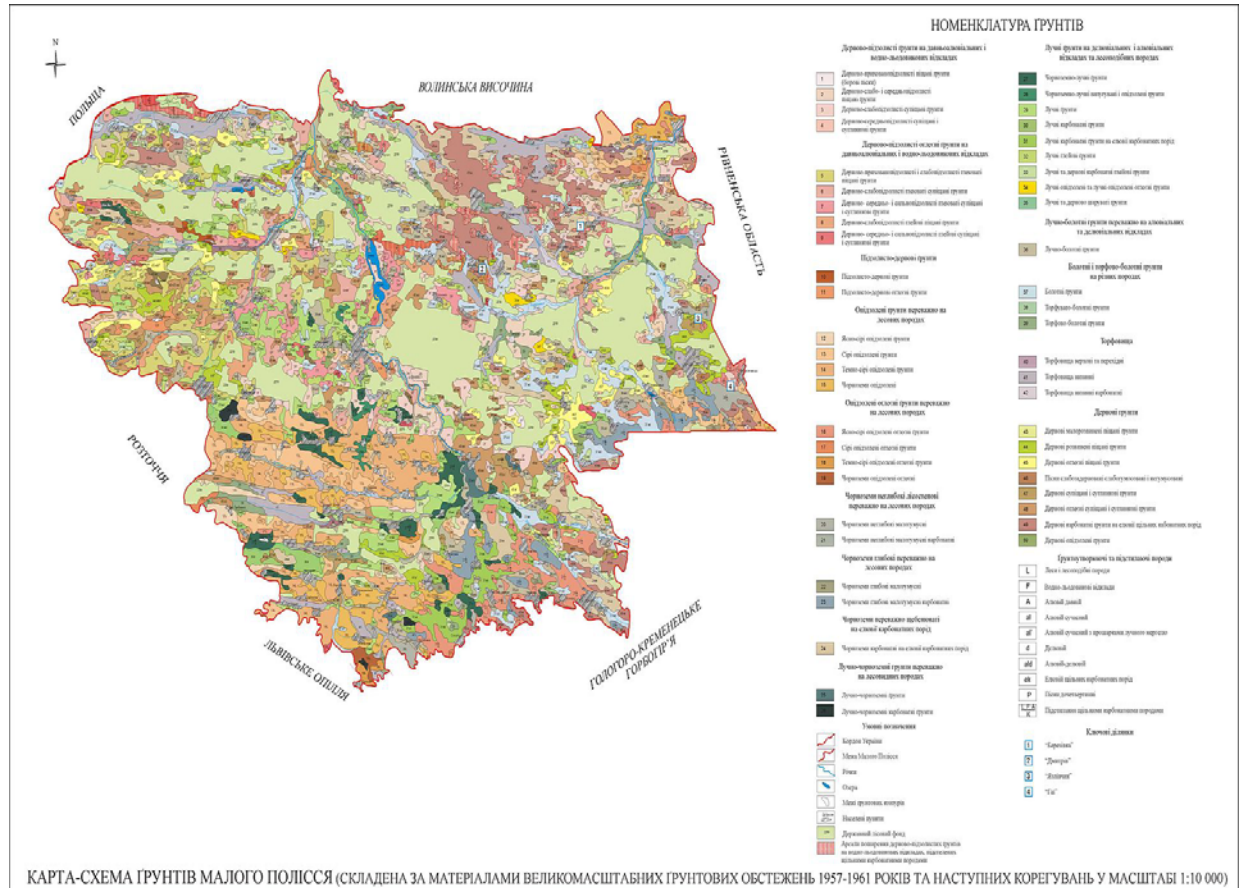


Рисунок 1.1 – Карта номенклатури ґрунтів на території Мале Полісся (в межах Львівської області) [17, 20]

Від «Великого» Мале Полісся відрізняється за деякими кліматичними показниками. А саме, слід врахувати, що середні температури січня тут трохи вищі та дорівнюють наприклад: у Бродах – 4,3°C, Лопатині – 4,2°C та у Раві-Руській – 4,1°C. В даній природній області опадів зазвичай випадає більше, а особливо це відноситься до південної межі, яка є розміщена поруч з підніжжям Подільської височини. Наприклад у Раві-Руській їх середньорічна кількість становить 720 мм, а у Бродах – 742 мм. Це пояснюється також і значним заліснення та заболоченістю даного району відповідно і для нього є притаманна найбільша річна кількість опадів.

Територією Малого Полісся протікають річки такі як: Західний Буг, Стир, Іква, Случ, Горинь, Іловиця та інші. Необхідно відмітити, що витoki усіх зазначених річок розташовуються поруч недалеко один від одного (у Вороняках). Де потім їхні русла розходяться, однак води їх усіх потрапляють у річку Прип'ять, це нестосується тільки Західного Бугу – його води впадають у Віслу [17, 20].

До недавна на картах фізико-географічного районування України лісостепова зона позначалася широкою смугою, що простягається через усю територію України. Однак науковці стверджують, що на сьогодні Західноукраїнський фізико-географічний край, має сучасні ландшафти які загалом є досить подібні до лісостепових та відносять її до широколистолистої зони. В результаті досліджень було встановлено, що дана фізико-географічна область є у східньому напрямі найбільш крайнім поширенням типових для Центральної та Західної Європи широколистих (а саме буково-дубових) лісів. Слід зазначити, що до моменту ведення активного сільськогосподарського виробництва вони займали майже 90 % території. Однак на сьогоднішній час вони на жаль займають менше 15 % від усієї площі краю [17, 20].

1.2. Аналіз стану виробництва зернових культур в Україні та світі

Україна на світовому ринку завжди вирізнялася як аграрна країна, вона входить в десятку найбільших країн-виробників пшениці.

Пшениця, яка вирощена на території нашої держави, використовується як правило для потреб внутрішнього ринку, одночасно значна частина врожаю експортується. На сьогодні Україна займає шосту сходинку в рейтингу країн-експортерів пшениці, а обсяг її світового продажу в середньому складає близько 17 млн. тонн. Нажаль в Україні не достатньо вирощується зерна для задоволення потреб населення, тому наша країна

змушена здійснювати імпорту якісного продовольчого зерна. Нажаль така ситуація поки що усіх улаштовує. Вирощувати значну кількість пшениці високої якості, в тому числі також і на експорт, наша держава не може, оскільки для нас це дорого та відповідно воно не складе гідної конкуренції для інших країн. Оскільки закордоном існує набагато сильніша підтримка держави для аграрного сектору.

На світовий ринок Україна в середньому експортує близько 17 млн. тонн пшениці, а імпортує відповідно 2,5 тис. тонн. Дана інформація була отримана з сайту Державної фіскальної служби України та проаналізована за період з 01.01.2011 по 31.12.2020 рр. (рис. 1.2).

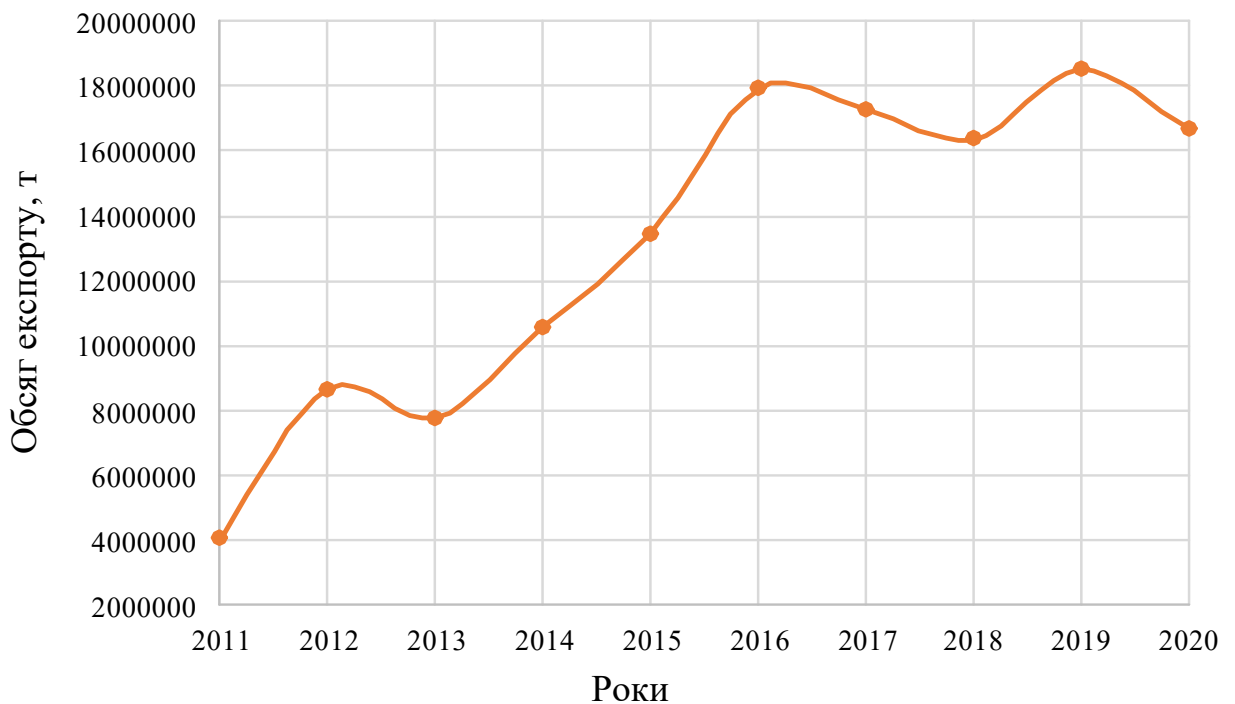


Рисунок 1.2 – Сумарний обсяг експорту пшениці у розрізі товарних позицій за кодами УКТЗЕД [29]

Аналізуючи рисунок 1.1 можна зробити висновок, що інтенсивне зростання експорту пшениці з України почалось з 2013 року (7,76 млн. т), а максимальне значення було отримане у 2019 р (18,54 млн. т).

На даний час понад чверть усіх посівних площ України займає пшениця. Цього року валовий збір пшениці становив понад 25 млн. т, площа посівів складала 6503 тис.га, а середня врожайність склала – 38,8 ц/га [9].

Починаючи з 1995 року, врожайність та валовий збір зернових культур в Україні почали зростати і, впродовж 25 років, збільшилися практично у два рази (рисунок 1.3 та 1.4).

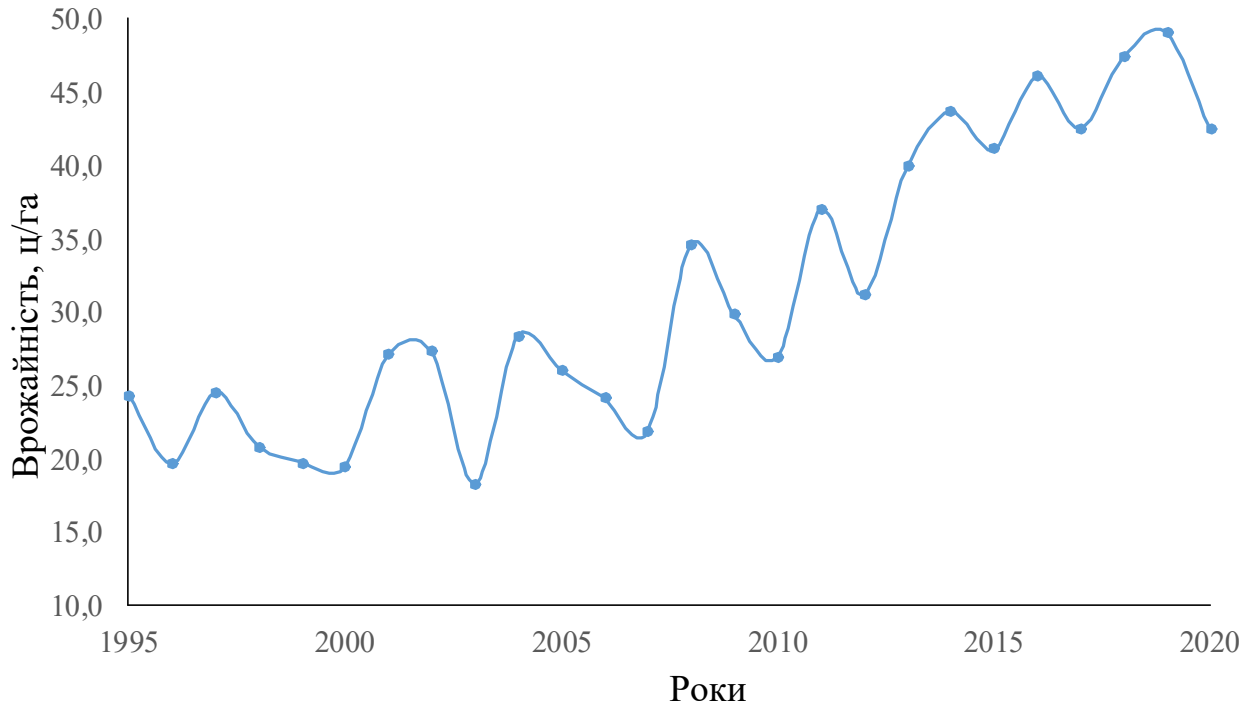


Рисунок 1.3 – Динаміка врожайності зернових культур в Україні [9]

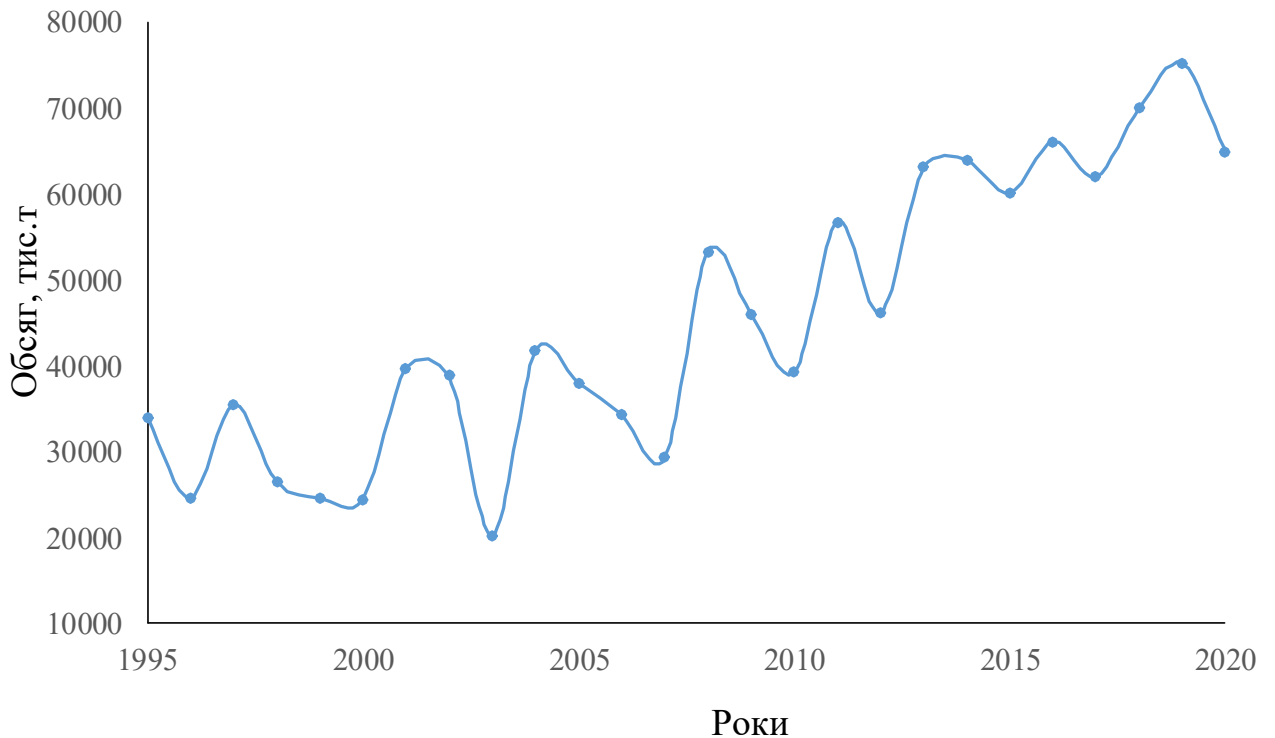


Рисунок 1.4 – Динаміка валового збору зернових культур в Україні [9]

Найбільше вирощують зернові культури в центральних областях України. В 2021 році до областей, що зібрали найбільшу кількість зернових культур належать: Харківська область – 28536,5 тис/ц; Запорізька область – 27361,1 тис/ц; Одеська область – 27318,0 тис/ц; та Дніпропетровська область – 24649,5 тис/ц. (рисунок 1.5.) [9].

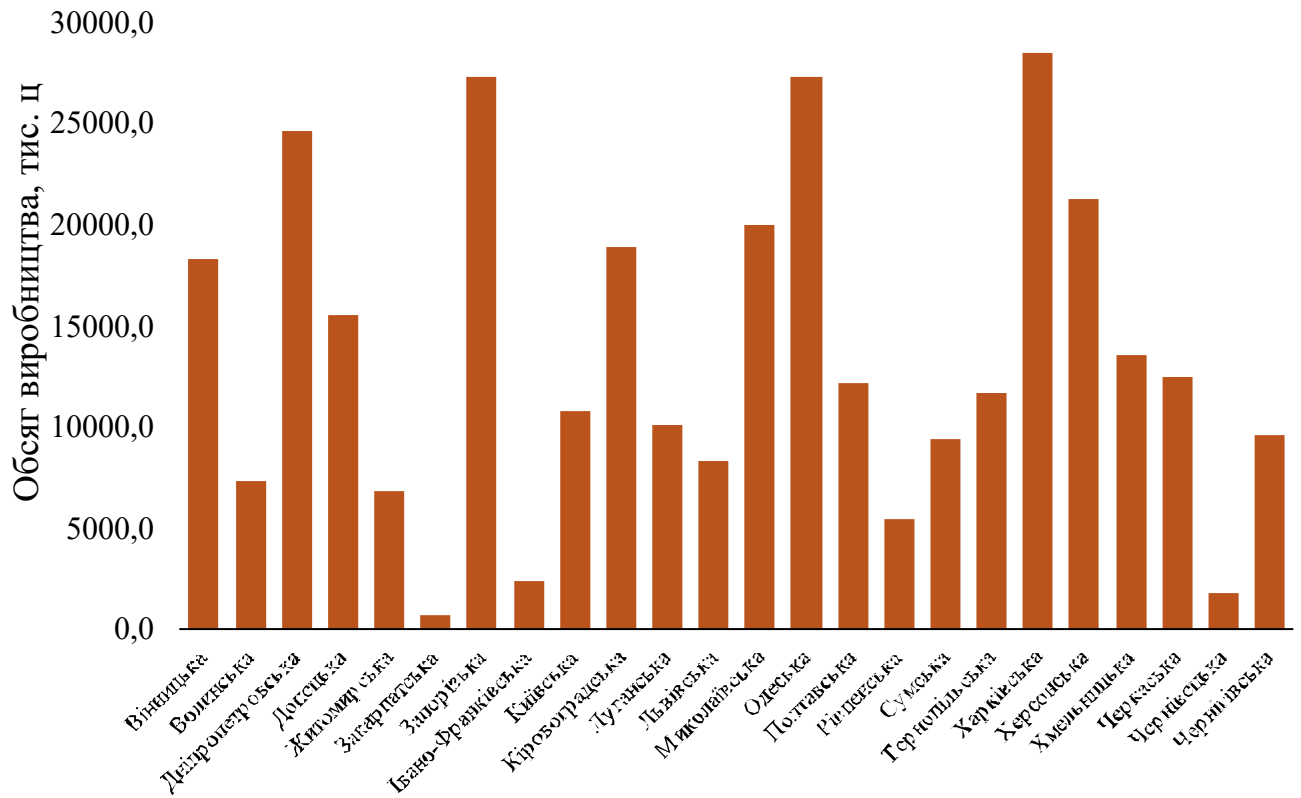


Рисунок 1.5 – Динаміка обсягу виробництва зернових культур в Україні

Однак не дивлячись ні на що, українська пшениця користується досить високим попитом на світовому ринку, оскільки значна кількість країн вважають наші землі найбільш чистими, родючими та підготовленими до вирощування сільськогосподарських культур. Однак, обсяги валового збору враховуючи невисоку середню врожайність зернових культур (46,3 ц/га) є на нашу думку недостатніми [9].

Виконавши аналіз розвитку ринку зернових в Україні, слід проаналізувати світові тенденції. Досить багато країн залишаються споживачами саме української пшениці, а найбільшими з них є Індія та

Індонезія. Однак Україна з року в рік все більше здійснює імпорт даного виду продукції. Тому розглянемо, як розвивається ситуація у світі на ринку пшениці.

Як засвідчує аналіз Європейський союз є найбільшим світовим виробником пшениці – 137500 млн т. На другому місці знаходиться Китай з показником в 128 млн. т.; а на третьому місці та четвертому Індія і Російська Федерація відповідно із показниками – 99700 та 71 млн. т. (рис.1.6)

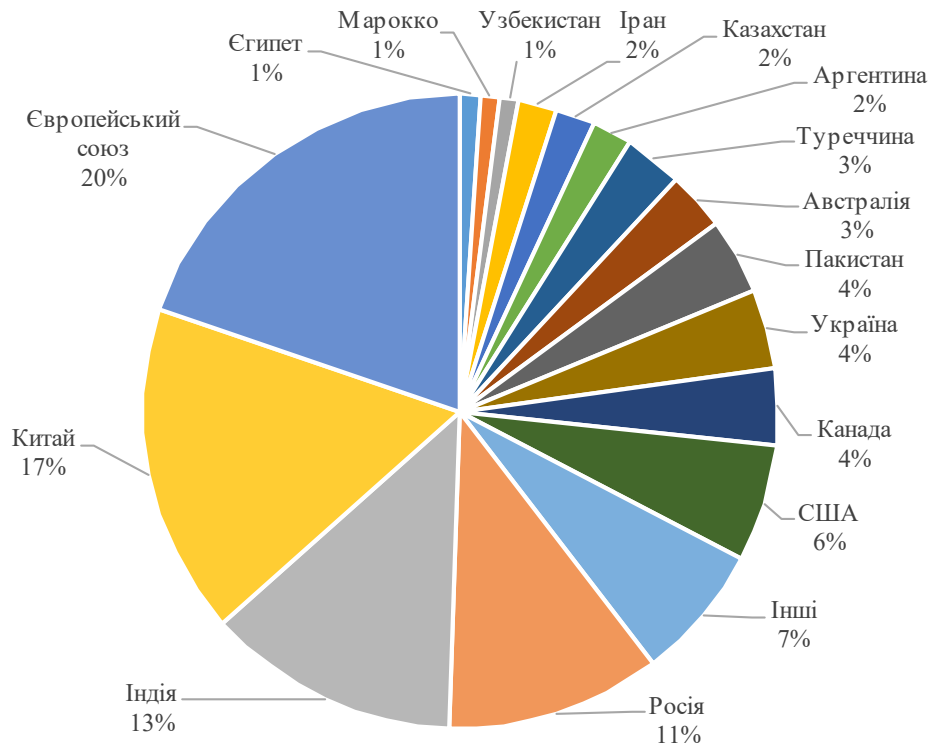


Рисунок 1.6 – Світове виробництво пшениці в розрізі країн [25]

При цьому слід відзначити, що середні показники врожайності пшениці дуже відрізняються на різних світових континентах. Наприклад помірний клімат Центральної та Північної Європи створює сприятливі умови для одержання високих врожаїв, одночасно в умовах з більш суворими кліматичними умовами (холодні або посушливі райони,) є менш сприятливими для отримання високих врожаїв пшениці. До прикладу широта показників врожайності сягає: від Ірландії з її середнім показником в 95,4 ц/га і аж до Сомалі з її середнім показником в 3,9 ц/га. На даний час світовий рекорд було отримано в Новій Зеландії у 2017 р. і він становить 167,9 ц/га.

Висновки до розділу 1

1. Мале Полісся – є одним із багатьох природних областей на території України. Географічно воно розміщується на півдні Рівненської та півночі Львівської областей, а також охоплює північ Тернопільської та Хмельницької областей.

2. Сприятливі природно кліматичні умови, а саме, помірні середньо річні температури та достатня кількість сприяють до отримання досить високих та стабільних врожаїв сільськогосподарських культур.

3. На даний час понад чверть усіх посівних площ України займає пшениця. Цього року валовий збір пшениці становив понад 25 млн. т, площа посівів складала 6503 тис.га, а середня врожайність склала – 38,8 ц/га. Починаючи з 1995 року, врожайність та валовий збір зернових культур в Україні почали зростати і, впродовж 25 років, збільшилися практично у два рази (рисунок 1.3 та 1.4). Що може свідчити про запровадження нових сортів та удосконалення технологій вирощування.

4. Найбільше вирощують зернові культури в центральних областях України. В 2021 році до областей, що зібрали найбільшу кількість зернових культур належать: Харківська область – 28536,5 тис/ц; Запорізька область – 27361,1 тис/ц; Одеська область – 27318,0 тис/ц та Дніпропетровська область – 24649,5 тис/ц. (рисунок 1.5.).

5. Як засвідчує аналіз Європейський союз є найбільшим світовим виробником пшениці – 137500 млн т. На другому місці знаходиться Китай з показником в 128 млн. т.; а на третьому місці та четвертому Індія і Російська Федерація відповідно із показниками – 99700 та 71 млн. т. (рис.1.6)

2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ

2.1. Науково-методичні засади ресурсоощадного збирання зернових культур

Підприємство технологічного сервісу (ПТС) власними зернозбиральними комплексами збирає зернові в СГП та забезпечує надійну роботу цих комплексів. Схематично взаємодію між ПТС та СГП показано на рис. 2.1.

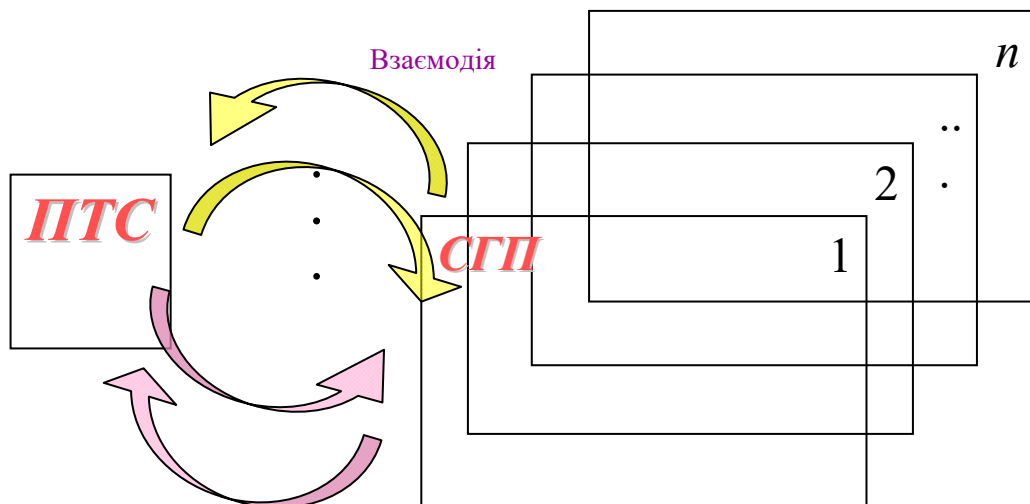


Рисунок 2.1 – Структурна схема виробничої системи “ПТС – множина СГП”

Сільськогосподарські підприємства замовляють зернозбиральні комплекси в ПТС, відвозять зерно від комбайнів, забезпечують належні побутові умови комбайнерам, гарантують зберігання комбайнів.

Означимо головні такі поняття, як: технологічно узгоджене обслуговування СГП; своєчасне збирання; природно дозволений час на збирання [4, 24, 33].

Технологічно узгоджене обслуговування – такий розпис збирання зернових на окремих полях, за якого досягаються мінімальні втрати вирощеного врожаю.

Своєчасне збирання – збирання, за якого відсутні втрати врожаю.

Природно-дозволений час на збирання – проміжок часу, упродовж якого агрометеорологічні умови є сприятливими для збирання зернових культур.

Взаємодія між ПТС та СГП відбувається на основі таких управлінських функцій: 1) планування; 2) організації виконання процесу; 3) контролю. ці функції виконуються як сільськогосподарськими підприємствами (СГП), так і підприємствами технологічного сервісу (ПТС) [4, 24, 33].

Планування: СГП – 1) визначають поля під зерновими, які планують для збирання; 2) замовляють ПТС та оформляють протоколи намірів; 3) прогнозують терміни досягання зернових на окремих полях та інформують птс; 4) укладають договори;

ПТС – 1) визначають сезонну виробничу програму збирання; 2) оформляють протоколи намірів; 3) прогнозують кількісні показники гарантійних зобов'язань; 3) укладають договори.

Організація: СГП – 1) підготовляють інфраструктуру для збирання; 2) забезпечують організаційні режими та чисельність виконавців для функціонування цієї інфраструктури;

ПТС – 1) оформлення місця дислокації; 2) забезпечення транспортними засобами; 3) виконання збиральних процесів на окремих полях; 4) розподіл комбайнів на полях.

Контроль: СГП – 1) терміну досягання, урожайності та стану полів під зерновими; 2) початку та своєчасності збирання; 3) природно дозволеного часу на збирання; 4) обсягу та якості зібраного врожаю;

ПТС – 1) стану полів; 2) природно дозволеного часу на збирання; 3) початку та своєчасного збирання зернових культур на окремих полях; 4) обсягу та якості зібраного врожаю на окремих полях.

Для узгодження взаємодії між ПТС та СГП слід мати такі наукові засади [4, 24, 33]:

- 1) загальні теоретичні основи узгодження взаємодії;
- 2) методи розв'язання системи інженерно-прикладних задач збирання зернових культур;
- 3) систему моделей виробничого процесу збирання зернових культур.

Головними інженерними методиками узгодженої взаємодії між ПТС та СГП є:

- 1) методика прогнозування термінів досягання та урожайності зернових культур на окремих полях;
- 2) методика визначення доцільності та обсягу збирання зернових у заданому сільськогосподарському підприємстві;
- 3) методика формування сезонної виробничої програми збирання зернових в адміністративному районі;
- 4) методика орієнтованого визначення сезонної виробничої програми комбайна під час збирання зернових культур в адміністративному регіоні;
- 5) методика складання розпису збирання зернових культур групою комбайнів МТС в заданому регіоні;
- 6) методика визначення оптимальної віддалі територіального переміщення комбайнів МТС по природно-кліматичним зонах з різними термінами досягання зернових культур;
- 7) проект інформаційно-аналітичної системи забезпечення ефективного збирання зернових культур.

Збирання зернових культур виконується підприємством технологічного сервісу (ПТС) на замовлення сільськогосподарських підприємств (СГП), які вирощують зернові. сервісні підприємства завчасно заключають договори із кожним СГП, у яких зобов'язуються зібрати ранні

зернові культури на певних площах. у цьому разі у договорах вказується, які саме сільськогосподарські культури на яких полях слід збирати. таким чином у кожному договорі фіксується множину замовлень - $\{S_{ik}\}$ (де S_{ik} - площа i -о поля під k -ю культурою) (рис. 2.2).

Маючи ці дані, можна встановити такі характеристики: – загальну площу збирання k -ї культури - $\sum_j S_{jk}$; загальну площу збирання - $\sum_j \sum_k S_{jk}$; відсоток кожної сільськогосподарської культури у загальній площі збирання - $P_k = \sum_k S_{jk} / \sum_j \sum_k S_{jk}$. Ці показники характеризують сезонну виробничу програму (n_s) ПТС. маючи цю програму. ПТС розподіляє її між окремими комбайнами. у результаті отримують сезонну програму кожного (r -о) комбайна n_{sr} .

Під час виконання сезонної програми n_{sr} комбайн упродовж періоду збирання зернових послідовно перебуває (збирає зернові) на кожному із множини полів $\{S_{jkr}\}$, що входять до сезонної програми [4, 24, 26, 33].

Сезонна програма комбайна того чи іншого календарного року може бути різною і графічно відобразитися таким чином (рис. 2.2).

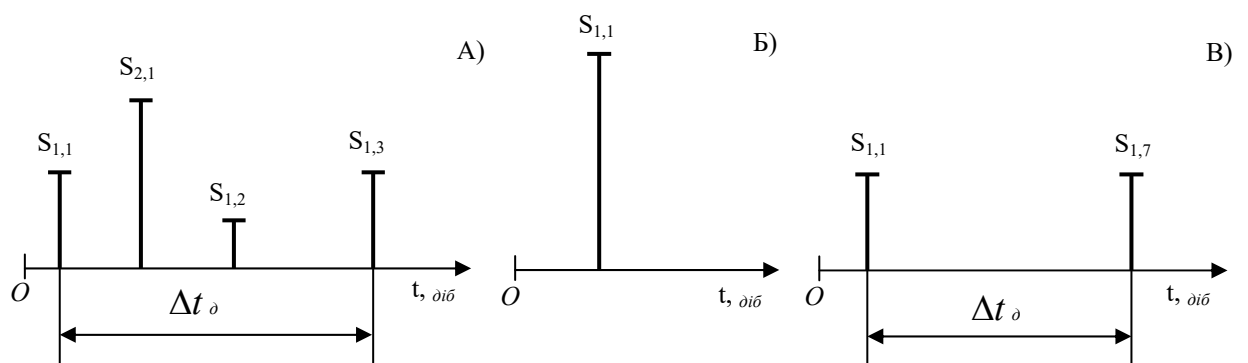


Рисунок 2.2 – Графічна інтерпретація різної (а, б, в) сезонної програми комбайна за збирання зернових: S_{jk} - площа j -о поля, під досягнутою k -ю культурою на момент її досягання; Δt - різниця часу між моментом досягання першого і останнього поля, що входять до сезонної програми.

Аналіз сезонної програми комбайна переконує у тому, що загальна площа збирання може бути стахостично розподілена у часі. Очевидно чим більше Δt , тим ефективніше можна виконати збиральний процес [4, 24, 26, 33].

Якщо розглядати процес збирання зернових на тому чи іншому полі, то матимемо такі характеристики: 1) тривалість збирання (t_s); 2) тривалість роботи комбайна (t_p); 3) тривалість простоїв комбайна; 4) своєчасно зібрана площа; 5) несвоєчасно зібрана площа (рис. 2.3).

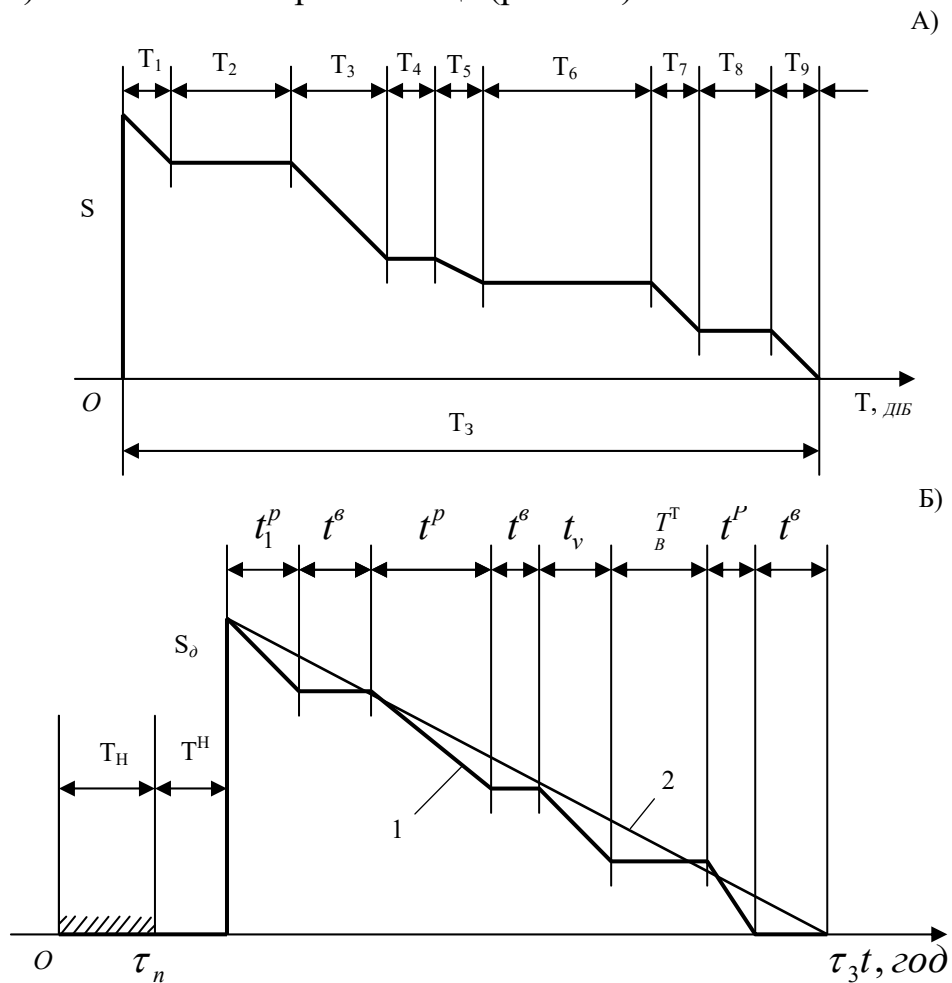


Рисунок 2.3 – Графічна інтерпретація збирання зернових на окремому полі (t_1, t_3, t_5, t_7, t_9 - складові робочого часу комбайна; t_2, t_4, t_6, t_8 - складові простою комбайна) (а) та роботи упродовж окремої доби (1 - реальна крива, 2 – вирівнювальна пряма, t^p – тривалість роботи, t^s – тривалість вивантаження, t^{T^s} – тривалість усунення технологічних та нескладних технічних відмов, t_n –

тривалість неможливості збирання через росу, t^h – тривалість (б) невикористаного природно дозволеного фонду часу).

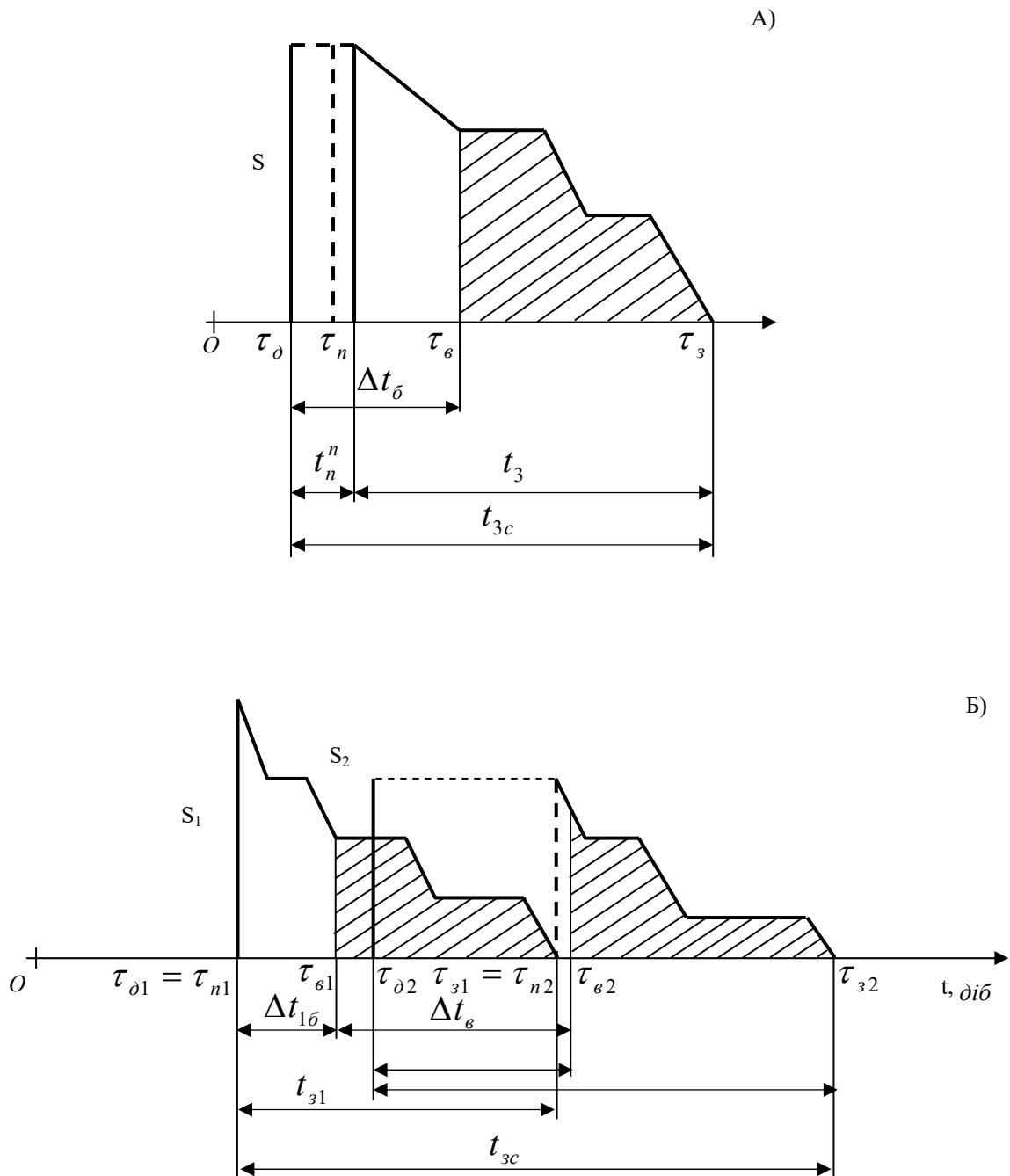


Рисунок 2.4 – Графічна інтерпретація виконання сезонної програми збирання для одного (а) та двох (б) полів: τ_0, τ_n – відповідно час досягання та початку збирання зернових культур на полі; τ_ϵ – час початку втрати урожаю через несвоєчасність збирання; τ_3 – час завершення збирання; $\tau_{3j} - \tau_{3c}$ – відповідна тривалість збирання на j -у полі та завершення сезону;

$\Delta t_{\sigma}, \Delta t_{\nu}$ - відповідно тривалість безвтратного та втратного збирання; $t_{\text{н}}^{\text{н}}$ - тривалість простою поля до початку збирання.

Розглядаючи тривалість роботи (t^p) комбайна на полі від моменту завершення вивантаження бункеру до моменту його наповнення, можемо виділити ще такі її складові як тривалість руху (t^{p3}) комбайна у загінці та тривалість розворотів (t^{p03}). Кожна із зазначених тривалостей має свій момент початку і момент завершення, настання яких зумовлюється певними причинами. не вдаючись до глибокого аналізу цих причин, зазначимо. Що вони у кінцевому результаті зумовлюють добову продуктивність комбайна. Іншими словами. Добова продуктивність комбайна залежить від багатьох чинників, які потрібно врахувати у її моделі [4, 24, 26, 33].

Аналізуючи виконання сезонної програми збирання одним комбайном, спостерігаємо багато подій (рис. 2.4). Зокрема, подія досягання урожаю на полі, подія безвтратного та втратного збирання, подія початку та завершення збирання.

2.2. Концептуальна модель прогнозування термінів дозрівання зернових культур

В основу розробленого методу прогнозування термінів дозрівання зернових культур на окремих полях сгп покладено гіпотезу про вплив агрометеорологічних умов окремого календарного року на біологічні процеси росту та розвитку культури та інтенсивність її вегетації загалом.

Загальновідомо, що для продуктивного росту та розвитку культури необхідно забезпечити її головними факторами життєдіяльності: світлом, температурою, вологою та поживними речовинами [26, 27, 28, 33]. Так, відповідно до рівня забезпечення рослини цими факторами відбувається проростання насінини у ґрунті, змінюється тривалість міжфазних періодів її росту та періоду вегетації загалом.

Аналіз впливу зазначених факторів життєдіяльності на процес вегетації сільськогосподарських культур дав змогу розробити метод прогнозування термінів дозрівання зернових культур на окремих полях СГП. Так, сівбу культури виконують із врахування біологічних вимог до ґрунтово-кліматичних умов її росту та розвитку, що кількісно можна виразити на підставі значення температури посівного шару ґрунту, ймовірності виникнення заморозків, наявності продуктивної вологи тощо.

Розвиток природних процесів весняного періоду є визначальним щодо початку вегетації культури, окрім того, від рівня організації технологічного процесу підготовки ґрунту та сівби культури також залежить своєчасність початку вегетації культури. Підготовку полів СГП у весняний період розпочинають з першої можливості виходу техніки в поле [26, 27, 28, 33]. Календарний термін початку ґрунтообробного процесу зумовлений станом ґрунту, а саме часом початку (τ_ϕ^n) його фізичної стиглості. Аналіз агрометеорологічних умов весняного періоду та їх впливу на вологість ґрунту поля переконує в тому, що τ_ϕ^n зумовлений сукупною дією низки природних чинників. в неявній формі ця закономірність має вигляд:

$$\tau_\phi^n = f(I_\ominus, Z_v, D, B_n, \Gamma_{np}, i, Ca\phi) \quad (2.1)$$

де I_\ominus - інтенсивність надходження тепла на поверхню поля (залежить від висоти сонця над горизонтом, орієнтація ухилу поля тощо); Z_v - обсяг вологи на полі (товщина та щільність снігу, наявність льоду чи води в ґрунті тощо); D - опади; B_n - вологість повітря; Γ_{np} - глибина промерзання ґрунту; i - ухил поля (наявність улоговин, ярів тощо); $Ca\phi$ - стан агрофону (рілля, зайнятий пар тощо).

Таким чином, агрометеорологічні чинники у весняний період зумовлюють інтенсивність прогрівання й підсихання ґрунту. Ці явища формують природно зумовлений фонд часу між τ_ϕ^n та початком сівби сільськогосподарської культури. Оскільки в зоні Полісся максимум річного запасу продуктивної вологи ґрунту спостерігається у весняний період, то

момент початку сівби сільськогосподарських культур зумовлений саме температурою ґрунту [16, 24, 26, 33].

До біологічних особливостей росту та розвитку ярих зернових культур відноситься те, що їхні сходи можуть витримувати заморозки на поверхні ґрунту до $-3...-10$ °C [16, 24, 26, 33]. Терміни початку сівби цих культур зумовлені ґрунтовими умовами (температурою, вологістю тощо). Час (τ_{ϕ}'') початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період на окремому полі СГП зумовлює потребу виконання передпосівної підготовки ґрунту та сівби (τ_c^M) ярих зернових культур.

Як уже зазначалось, інтенсивність розвитку сільськогосподарських культур у весняний період зумовлена інтенсивністю розвитку природних процесів (інтенсивності наростання температури повітря, зміни вологи у ґрунті тощо) окремого року. Відомо, що наростання середньодобової температури повітря значним чином впливає на тривалість міжфазних періодів росту та розвитку сільськогосподарських культур, а відтак – і на тривалість їх вегетації загалом. На підставі цього, прогнозування календарних термінів досягання ярих зернових культур на окремих полях СГП можна здійснювати на підставі таких показників (рис. 2.5): 1) часу початку фізичної стиглості ґрунту поля, доба; 2) тривалості прогрівання повітря та ґрунту у весняний період до температури сівби культури, діб; 3) тривалості фенологічних фаз розвитку сільськогосподарських культур [16, 26, 33].

Зазначимо, що відповідно до біологічних особливостей росту та розвитку культур тривалість їх вегетації є різною. Це явище зумовлює різні календарні терміни виникнення потреби у використанні зернозбиральних комбайнах на полях СГП.

Формалізація причинно-наслідкових зв'язків вищенаведених подій та явищ, а також врахування біологічних особливостей процесу вегетації ярих зернових культур є важливою підставою об'єктивного прогнозування термінів їх досягання.

2.3. Аналіз чинників ефективності процесу механізованого збирання зернових культур

Процес комбайнового збирання зернових характеризується перетворенням хлібостою на полі в зерно і соломку. Зерно в процесі прямого комбайнування нагромаджується в бункері комбайна і вивантажується в транспортну місткість та транспортується до складу. Солома може подрібнюватися комбайном і розкидатися по полю, може формуватися у копиці або у валки з наступним збиранням. Перетворення хлібостою називається технологічним процесом. Цей процес відбувається на підставі взаємодії людини, комбайна, хлібостою і поля [16, 24, 26, 33]. Результатом цієї взаємодії є продуктивність комбайна, витрата паливо-мастильних матеріалів тощо.

З метою розроблення моделі збирального процесу, у якій би були відображені особливості збирання, насамперед потрібно встановити залежність тривалості $t_{з\gamma}$ збирання зернових на γ -у полі одним комбайном:

$$t_{з\gamma} = f(S_{\gamma k}, W_{zr\gamma}, O, Kl), \quad (2.2)$$

де $S_{\gamma k}$ – площа γ -о поля з k -ю культурою, га; $W_{zr\gamma}$ – годинна продуктивність комбайна r -о типу (марки) на γ -у полі, га/год; O – організаційні чинники ефективності (зумовлюють повноту використання робочого часу).

Годинна продуктивність $W_{zr\gamma}$ залежить від таких головних чинників:

$$W_{zr\gamma} = f(Tл\gamma, Tнr, B\gamma), \quad (2.3)$$

де $Tл\gamma$ – агротехнологічні характеристики хлібостою на γ -у полі; $B\gamma$ – виробничі характеристики γ -о поля.

Агротехнічні характеристики хлібостою на γ -у полі наступні: 1) сорт зернових і фізико-механічні властивості матеріалу, що скошується і

обмолочується; 2) урожайність; 3) соломистість; 4) забур'яненість; 5) полеглисть. Технічні характеристики $T_{H,r}$ комбайна r -о типу (марки) це, насамперед, його пропускна здатність, ширина жнивarki, потужність двигуна, тип обмолочувального механізму тощо. Виробничі умови γ -о поля, як уже зазначалося, характеризуються довжиною гону, його ухилом тощо.

Необхідно зазначити, що годинна продуктивність буде зростати зі зменшенням врожайності та соломистості, а також із збільшенням пропускної здатності комбайна та довжини гону. Годинна продуктивність зумовлює значення добового виробітку комбайна. Крім цього, чинниками добового виробітку ($W_{\partial r \gamma}$) є також тривалість (t_{∂}) робочого часу доби і ефективність організації (O) роботи комбайна, яка зумовлює повноту використання цього часу:

$$W_{\partial r \gamma} = f(W_{z r \gamma}, t_{\partial}, O). \quad (2.4)$$

Тривалість t_{∂} зумовлюється природно-кліматичними умовами, а також залежить від біологічних особливостей культури, що збирається. За певного рівня вологості і температури повітря одні зернові піддаються обмолочуванню, а інші не піддаються. З огляду на сутність тривалості t_{∂} , можна стверджувати, що вона є величиною ймовірною, а тому і добовий виробіток комбайна на збиранні зернових одного сорту і однакових агротехнологічних характеристик є ймовірною величиною [26, 33].

Тривалість t_{∂} теоретично може змінюватися від нуля до 24 год. Однак, як переконують висліди виробничих спостережень, через випадання роси у нічний період доби для всіх зернових незалежно від сорту максимальне значення t_{∂} здебільшого не перевищує для умов Львівщини 17 годин.

Організаційні чинники (O) зумовлюють упродовж виділеного природою часу t_∂ простої комбайнів, а тому час роботи t_p комбайна завжди дещо менший за t_∂ :

$$t_p = k_p t_\partial, \quad (2.5)$$

де k_p – коефіцієнт використання часу t_∂ ($k_p \leq 1$).

Знання щодо розподілу добового виробітку (продуктивності) комбайна ($W_{\partial r \gamma}$) уможливають виявлення причинно-наслідкового зв'язків між тривалістю $t_{z r \gamma}$ збирання зернових на γ -у полі та його площею $S_{k \gamma}$ [26, 33]:

$$t_{z r \gamma} = f(S_{k \gamma}, W_{\partial r \gamma}, K_l), \quad (2.6)$$

де K_l – кліматичні умови, які характеризуються послідовним чергуванням погожих (сухих) і дощових проміжків часу на календарній вісі часу.

Характеризуючи послідовність проміжків погожих t_n і непогожих t_H діб зазначимо, що тривалість кожного з цих проміжків можна описати певним законом розподілу.

Висновки до розділу 2

1. Аналіз сезонної програми зернозбирального комбайна переконує у тому, що загальна площа збирання може бути стахостично розподілена у часі. Очевидно чим більше різниця часу між моментом досягання першого і останнього поля, що входять до сезонної програми, тим ефективніше можна виконати збиральний процес.

2. Розглядаючи тривалість роботи комбайна на полі від моменту завершення вивантаження бункеру до моменту його наповнення, можемо виділити ще такі її складові як тривалість руху комбайна у загінці та тривалість розворотів. Кожна із зазначених тривалостей має свій момент початку і момент завершення, настання яких зумовлюється певними причинами. не вдаючись до глибокого аналізу цих причин, зазначимо. Що вони у кінцевому результаті зумовлюють добову продуктивність комбайна. Іншими словами. Добова продуктивність комбайна залежить від багатьох чинників, які потрібно врахувати у її моделі.

3. В основу розробленого методу прогнозування термінів дозрівання зернових культур на окремих полях СГП покладено гіпотезу про вплив агрометеорологічних умов окремого календарного року на біологічні процеси росту та розвитку культури та інтенсивність її вегетації загалом.

4. Необхідно зазначити, що годинна продуктивність буде зростати зі зменшенням врожайності та солемистості, а також із збільшенням пропускної здатності комбайна та довжини гону. Годинна продуктивність зумовлює значення добового виробітку комбайна. Крім цього, чинниками добового виробітку ($W_{д,гг}$) є також тривалість ($t_{д}$) робочого часу доби і ефективність організації (O) роботи комбайна, яка зумовлює повноту використання цього часу.

3. МЕТОДИКА ВИРОБНИЧИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ

3.1. Методика математичного опрацювання статистичних даних

На практиці, а особливо у сільськогосподарському виробництві досить часто зустрічаються події чи явища, які за своєю природою мають випадковий характер. Збір їхніх кількісних характеристик змогу отримати емпіричні дані. Для опрацювання таких даних здійснюється за певними математичними методами, що обґрунтовуються на підставі теорії ймовірностей та математичної статистики.

Під час обґрунтування (перевірки) емпіричні розподіли повинні узгоджуватися з теоретичними, за розробленими в теорії ймовірностей статистичними критеріями [5, 12, 22].

З цією метою наведемо приклад методики розрахунку статистичних характеристик емпіричних величин.

В результаті виконаних нами досліджень отримані дані емпіричного ряду необхідно розташувати за порядком їх зростання і таким способом сформулювати варіаційний ряд:

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

Другим етапом є поділ варіаційного ряду на певну визначену кількість k інтервалів.

Необхідна кількість інтервалів визначається за формулою:

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

де: N – число дослідів або обсяги вибірки.

Для визначення кроку інтервалу скористаємося відповідною формулою:

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

Коефіцієнт варіації визначається за відповідною формулою:

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

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

де: $Y_{зм}$ – зміщення випадкової величини Y відносно нуля.

Для того, щоб спростити розрахунки будуюмо таблицю 3.1. для визначення статистичних характеристик.

Таблиця 3.1 – Розрахунок статистичних характеристик

№ з/п	Показник	N інтервалу				
		1	2	...	$k-1$	k
	Інтервал $Y_i^H \dots Y_i^B$	$Y_1^H \dots Y_1^B$	$Y_2^H \dots Y_2^B$...	$Y_{k-1}^H \dots Y_{k-1}^B$	$Y_k^H \dots Y_k^B$
	Середина інтервалу, Y_i	Y_1	Y_2	...	Y_{k-1}	Y_k
	Частота, m_i	m_1	m_2	...	m_{k-1}	m_k
	Емпірична частість, $P_i = \frac{m_i}{N}$	P_1	P_2	...	P_{k-1}	P_k
	$Y_i \cdot P_i$	$Y_1 \cdot P_1$	$Y_2 \cdot P_2$...	$Y_{k-1} \cdot P_{k-1}$	$Y_k \cdot P_k$
	$(Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i$	$(Y_1 - Y_c)^2 \cdot P_1$	$(Y_2 - Y_c)^2 \cdot P_2$...	$(Y_{k-1} - Y_c)^2 \cdot P_{k-1}$	$(Y_k - Y_c)^2 \cdot P_k$

Для оцінки отриманого коефіцієнта варіації скористаємося формулою (3.5). Якщо (зона розбіжності) значень показника Y має зміщення відносно нуля. У випадку, якщо Y_1 варіаційного ряду не є помилковим (належить вибірці), вважають:

$$Y_{зм} = Y_1$$

Для того щоб здійснити перевірку крайніх значень отриманого варіаційного ряду на належність їх вибірці. Перше (Y_1) та останнє (Y_N)

значення, яке отримане в процесі дослідження варіаційного ряду необхідно перевірити на належність їх вибірці – тобто чи вони не є помилковими. З цією метою ми скористаємося критерієм Ірвіна [5, 12, 22]:

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

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

Щоб виконати це необхідно розрахункові значення порівняти із табличними для заданої ймовірності ($0,95 < \alpha < 0,99$) та кількості дослідів N . Якщо отримують $\lambda_d \leq \lambda_T$, то необхідно вважати, що крайні значення досліджуваного варіаційного ряду не є помилковим. В протилежному випадку їх вилучають із нього та повторюють розрахунок.

Якщо для виконання окремих дослідів (наприклад визначення кожного ймовірного значення Y) необхідно затратити значні ресурси (кошти та час) то надзвичайно важливою умовою є здійснити їх таку кількість, яка б була достатньою щоб виконати оцінку статистичних характеристик [5, 6, 7, 32]. Як правило число дослідів N_d для розподілу необхідно визначати на основі гарантування того, що відносна похибка (δ) оцінки математичного сподівання із заданою довірчою ймовірністю ($\alpha = 0,8...0,95$) не перевищує 10-20%:

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

де: t – це квантиль нормального закону розподілу.

Розрахункове значення числа дослідів N_d необхідно перевірити із дійсним та зробити висновок про необхідність проведення додаткових дослідів.

Використовуючи дані отриманого нами варіаційного ряду необхідно виконати побудову графіку залежності між досліджуваною нами величиною і емпіричною частістю. Для цього необхідно на вісі абсцис послідовно (але не

в масштабі) відкласти верхні та нижні значення інтервалів Y , а на осі ординат значення емпіричної частоти кожного інтервалу.

За зовнішнім виглядом гістограми та його величиною коефіцієнта варіації висуваємо гіпотезу про теоретичну закономірність розподілу.

Розрахунок теоретичної частоти виконується наступним чином. Викнуємо розрахунок значення густини функції розподілу ($f(Y_i)$) для усіх часткових інтервалів. Окрім того для теоретичного закону розподілу Вейбулла необхідно відшукати параметри мірила a і b .

Теоретичну частість для кожного наявного часткового інтервалу визначають за формулою:

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

де: ΔY – крок інтервалу.

Для виконання перевірки близькості емпіричного з теоретичним розподілом скористаємося критерієм X^2 (Xi – квадрат, Пірсона) [5, 6, 7, 32]. Тоді, відповідно для кожного часткового інтервалу потрібно розрахувати добуток – $N \cdot P_{Ti}$. Визначається цей критерій за формулою:

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

де: k' – кількість інтервалів.

Для визначення числа ступенів вільності скористаємося відповідною формулою:

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

де: n – число параметрів функції наявного теоретичного розподілу.

Після чого, задавшись рівнем значимості α ($\alpha = 0,05 \dots 0,1$), знайдемо для визначеного числа r , значення $(X')^2$ та порівняємо його із розрахунковим. Якщо виконується умова $X^2 < (X')^2$, тоді теоретичний

розподіл відображає наявні емпіричні дані. В іншому разі близькість між емпіричним і теоретичним розподілом є відсутня.

3.2. Метод прогнозування термінів дозрівання ранніх зернових культур на основі статистичного моделювання

В основу розробленого методу прогнозування термінів дозрівання ранніх зернових культур на окремих полях сгп покладено гіпотезу про вплив агрометеорологічних умов окремого календарного року на біологічні процеси росту та розвитку культури та інтенсивність її вегетації загалом.

Загальновідомо, що для продуктивного росту та розвитку культури необхідно забезпечити її головними факторами життєдіяльності: світлом, температурою, вологою та поживними речовинами [13, 15, 16, 20]. Так, відповідно до рівня забезпечення рослини цими факторами відбувається проростання насінини у ґрунті, змінюється тривалість міжфазних періодів її росту та періоду вегетації загалом.

Аналіз впливу зазначених факторів життєдіяльності на процес вегетації сільськогосподарських культур дав змогу розробити метод прогнозування термінів дозрівання ранніх зернових культур на окремих полях СГП. Так, сівбу культури виконують із врахування біологічних вимог до ґрунтово-кліматичних умов її росту та розвитку, що кількісно можна виразити на підставі значення температури посівного шару ґрунту, ймовірності виникнення заморозків, наявності продуктивної вологи тощо.

Розвиток природних процесів весняного періоду є визначальним щодо початку вегетації культури, окрім того, від рівня організації технологічного процесу підготовки ґрунту та сівби культури також залежить своєчасність початку вегетації культури. Підготовку полів СГП у весняний період розпочинають з першої можливості виходу техніки в поле [13, 15, 16]. Календарний термін початку ґрунтообробного процесу зумовлений станом

грунту, а саме часом початку (τ_{ϕ}^n) його фізичної стиглості [13, 15, 16]. Аналіз агрометеорологічних умов весняного періоду та їх впливу на вологість ґрунту поля переконує в тому, що τ_{ϕ}^n зумовлений сукупною дією низки природних чинників. в неявній формі ця закономірність має вигляд:

$$\tau_{\phi}^n = f(I_{\ominus}, Z_v, D, V_n, \Gamma_{np}, i, Ca\phi) \quad (3.12)$$

де I_{\ominus} - інтенсивність надходження тепла на поверхню поля (залежить від висоти сонця над горизонтом, орієнтація ухилу поля тощо); Z_v - обсяг вологи на полі (товщина та щільність снігу, наявність льоду чи води в ґрунті тощо); D - опади; V_n - вологість повітря; Γ_{np} - глибина промерзання ґрунту; i - ухил поля (наявність улоговин, ярів тощо); $Ca\phi$ - стан агрофону (рілля, зайнятий пар тощо).

Таким чином, агрометеорологічні чинники у весняний період зумовлюють інтенсивність прогрівання й підсихання ґрунту. Ці явища формують природно зумовлений фонд часу між τ_{ϕ}^n та початком сівби сільськогосподарської культури. Оскільки в зоні Полісся максимум річного запасу продуктивної вологи ґрунту спостерігається у весняний період, то момент початку сівби сільськогосподарських культур зумовлений саме температурою ґрунту.

До біологічних особливостей росту та розвитку ярих зернових культур відноситься те, що їхні сходи можуть витримувати заморозки на поверхні ґрунту до $-3 \dots -10$ °C [15, 16]. Терміни початку сівби цих культур зумовлені ґрунтовими умовами (температурою, вологістю тощо). Час (τ_{ϕ}^n) початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період на окремому полі СГП зумовлює потребу виконання передпосівної підготовки ґрунту та сівби (τ_c^M) ярих зернових культур.

Як уже зазначалось, інтенсивність розвитку сільськогосподарських культур у весняний період зумовлена інтенсивністю розвитку природних процесів (інтенсивності наростання температури повітря, зміни вологи у

грунті тощо) окремого року. Відомо [15, 16], що наростання середньодобової температури повітря значним чином впливає на тривалість міжфазних періодів росту та розвитку сільськогосподарських культур, а відтак – і на тривалість їх вегетації загалом. На підставі цього, прогнозування календарних термінів досягання ярих зернових культур на окремих полях СГП можна здійснювати на підставі таких показників (рис. 3.1): 1) часу початку фізичної стиглості ґрунту поля, доба; 2) тривалості прогрівання повітря та ґрунту у весняний період до температури сівби культури, діб; 3) тривалості фенологічних фаз розвитку сільськогосподарських культур.

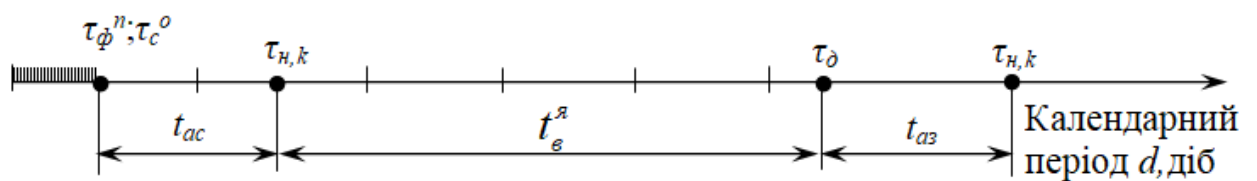


Рисунок 3.1 – Послідовність головних подій формування термінів досягання ярих зернових культур на полях СГП: τ_{ϕ}^n – час початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період, доба; τ_c^y – час сівби ярих зернових культур, доба; τ_z – час початку збирання культури, доба; $t_{ac}, t_{аз}$ – агротехнічно-оптимальна тривалість сівби та збирання культури, діб; $\tau_{н,k}$ – час початку втрат врожаю k -ї культури, доба; t_{ϵ}^y – тривалість періоду вегетації ярих зернових культур, діб.

Зазначимо, що відповідно до біологічних особливостей росту та розвитку культур тривалість їх вегетації є різною. це явище зумовлює різні календарні терміни виникнення потреби у використанні зернозбиральних комбайнах на полях СГП.

Формалізація причинно-наслідкових зв'язків вищенаведених подій та явищ, а також врахування біологічних особливостей процесу вегетації ярих зернових культур є важливою підставою об'єктивного прогнозування термінів їх досягання.

3.3. Методика та результати виробничих експериментів.

Для відображення причинно-наслідкових зв'язків процесу вегетації зернових культур та термінів їх досягання користувалися даними Яворівської метеорологічної станції, що знаходиться у Львівській області. На підставі інформації про результати щоденних спостережень (ТСХ-1, КМ-1) за атмосферними явищами, станом зволоження верхнього шару ґрунту (0-2, 2-10 см), температурним режимом повітря та ґрунту, а також календарними термінами настання фенологічних фаз росту та розвитку культур формували базу вихідних даних для встановлення розподілів та закономірностей їх кількісних показників.

Маючи результати щоденних спостережень за опадами, температурою повітря, температурою та станом зволоження верхніх шарів (0-2; 2-10 см) ґрунту впродовж весняного періодів встановлювали наступні закономірності: 1) час початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період; 2) інтенсивність зміни середньодобової температури повітря і ґрунту у весняний та літньо-осінній періоди.

З метою числового відображення календарних термінів прийнято точку відліку – 1 січня, відносно якої визначали кількість днів, що проходить до виникнення тих чи інших умов сезонних робіт.

За час початку обробітку ґрунту у весняний період прийнято перший із п'яти перших днів, за яких ґрунт перебував у стані фізичної стиглості (консистенція – м'якопластична) [15, 16]. Отриманий емпіричний ряд (для періоду 1986-2020 рр.) опрацьований за відомими методами математичної статистики [1, 2, 6, 7, 12, 22, 32], на основі цього побудовано розподіл часу початку фізичної стиглості ґрунту (τ_ϕ^n) у весняний період (рис. 3.2). цей розподіл відображається нормальним законом скорегованим многочленом $p(t)$, диференціальна функція якого описується рівнянням

$$f(\tau_\phi^n) = \frac{P(t)}{33,751} \cdot \exp \left[-\frac{(\tau_\phi^n - 85,674)^2}{362,774} \right], \quad (3.13)$$

де $p(t)$ становить

$$P(t) = 0,9991 + 0,71 \cdot \frac{\tau_{\phi}^n - 85,674}{13,468} + 0,0018 \cdot \left(\frac{\tau_{\phi}^n - 85,674}{13,468} \right)^2 - 0,237 \cdot \left(\frac{\tau_{\phi}^n - 85,674}{13,468} \right)^3 - 0,0003 \cdot \left(\frac{\tau_{\phi}^n - 85,674}{13,468} \right)^4. \quad (3.14)$$

Головні статистичні характеристики цього розподілу наступні: $\bar{M}[\tau_{\phi}^n] = 85,674$ доба; $\bar{\sigma}[\tau_{\phi}^n] = 13,468$; оцінка асиметрії – $\bar{A}_s[\tau_{\phi}^n] = -0,71$; оцінка ексцесу – $\bar{E}_s[\tau_{\phi}^n] = -0,0009$. Довірчий інтервал часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період становить 54...107 діб. Інші статистичні характеристики наведено в дод. табл. А.1.

Інтенсивність зміни температури повітря та ґрунту впродовж весняного періоду безпосередньо впливає на інтенсивність росту та розвитку ярих зернових культур. Для підтвердження цієї тези побудовано середні інтегральні криві наростання ефективних середньодобових температур повітря впродовж весняного періоду. Відповідно до календарних термінів τ_{ϕ}^n виокремлено три календарних періоди: 1) – 20 лютого - 10 березня; 2) – 10 березня - 1 квітня; 3) – 1 квітня - 20 квітня.

Для цих періодів побудовано криві наростання ефективних середньодобових температур повітря (рис. 3.3). відповідно до τ_{ϕ}^n окремого року, визначались дні весняного періоду, в яких середньодобова температура була більшою за 5°С (біологічний мінімум розвитку сільськогосподарських культур) [15, 16]. Сумування цих значень для кожної наступної календарної доби уможливорює побудову кривої інтенсивності наростання ефективних середньодобових температур повітря весняного періоду для окремого року. Для календарної доби із температурою повітря нижчою за 5°С значення ефективних температур прирівнювалось до нуля. Щодобове додавання ефективних середньодобових температур повітря виконували до моменту досягнення 1000°С.

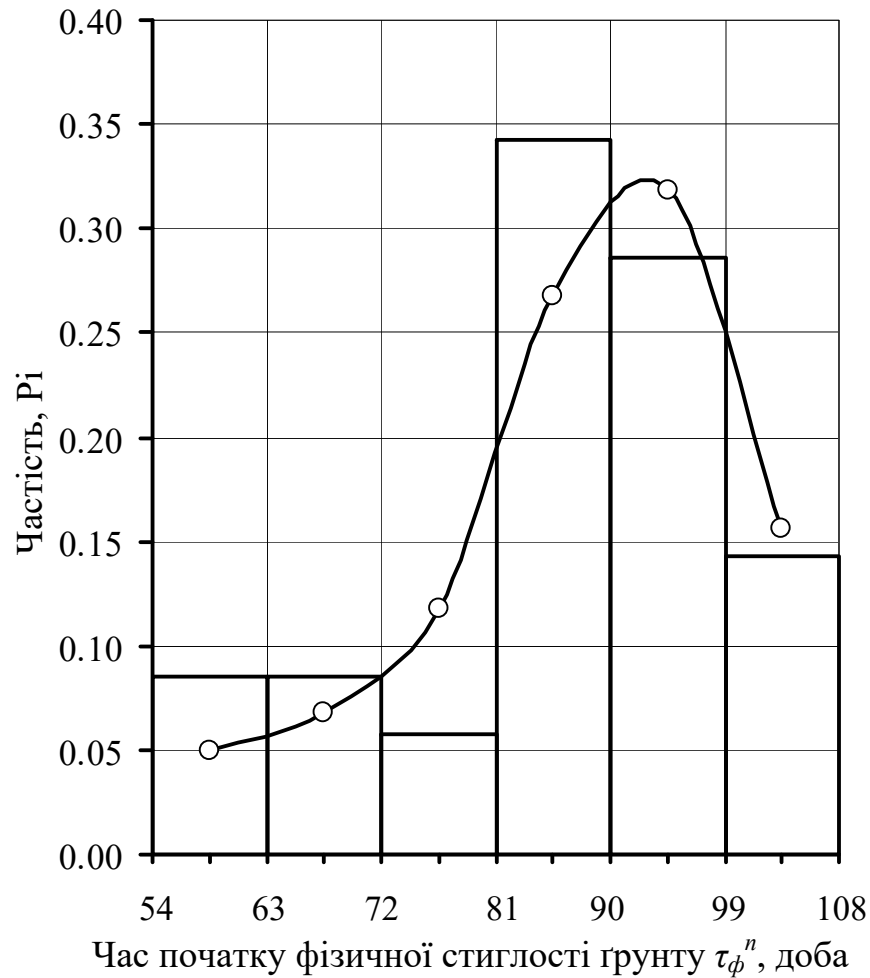


Рисунок 3.2 – Гістограма та теоретична крива розподілу часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період (нормальний скорегований многочленом)

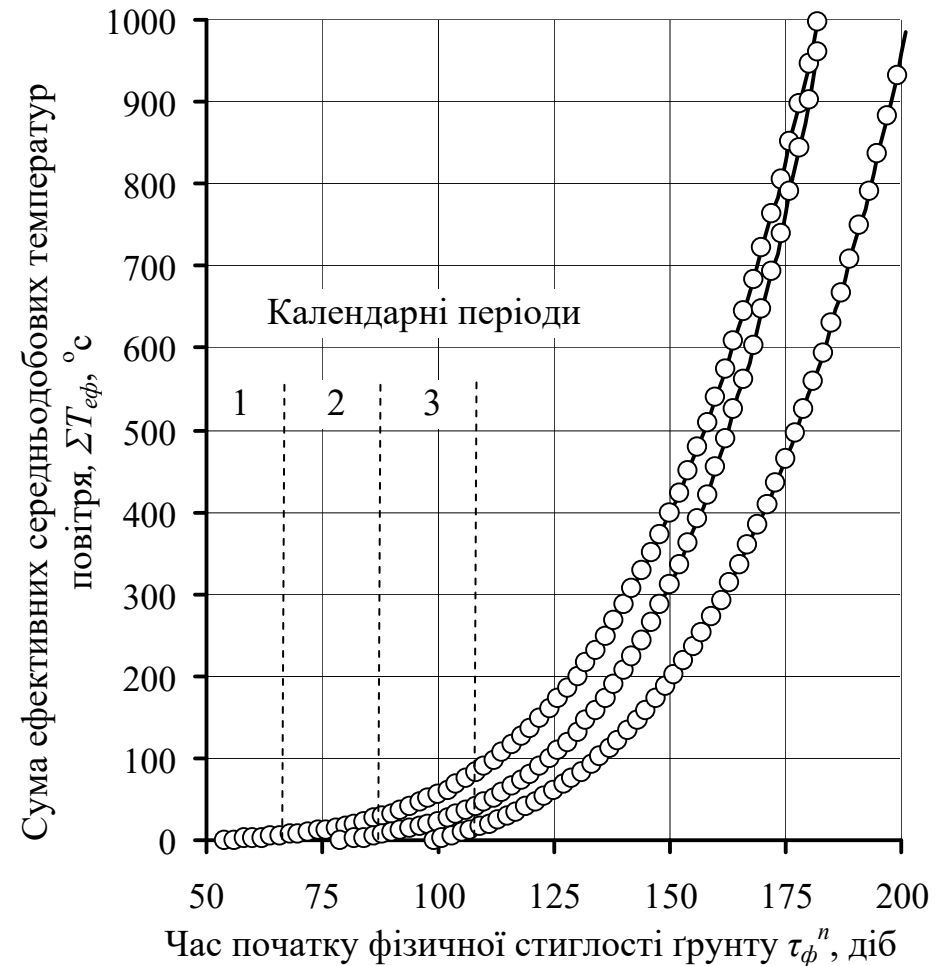


Рисунок 3.3 – Середні інтегральні криві наростання ефективних середньодобових температур повітря для різних термінів початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період

Виконавши аналогічні розрахунки для 34 років (1986-2020 рр.), встановлено середні інтегральні криві наростання середньодобових температур (m_{ef}) повітря для трьох календарних періодів, котрі апроксимовано степеневою функцією (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Характеристики апроксимації середніх інтегральних кривих наростання ефективних середньодобових температур повітря

№ з/п	Календарний період	Функція апроксимації	Рівняння апроксимації	Кореляційне відношення
1	20 лютого-10 березня	степенева	$m_{ef} = 2e-08\tau_{\phi}^{3.47342}$	0.973
2	10 березня-1 квітня	степенева	$m_{ef} = 1e-10\tau_{\phi}^{3.57101}$	0.966
3	1 квітня-20 березня	степенева	$m_{ef} = 1e-09\tau_{\phi}^{3.52119}$	0.977

Виходячи із рис. 3.3, спостерігається значне підвищення інтенсивності наростання температури повітря за умови „пізніх” термінів τ_{ϕ}^3 , що зумовлює швидші темпи росту та розвитку ярих зернових культур.

Як уже зазначалось, тривалість вегетації ярих зернових культур (t_e) та час їх досягання (τ_o) впливають на момент потреби використання зернозбиральних комбайнів. Завершення вегетації культури є передумовою початку зернозбиральних робіт. Виходячи із стохастичності τ_{ϕ}^n та часу (τ_c) сівби культури, а також агрометеорологічних умов періоду вегетації ярих зернових культур початок зернозбирального процесу на полях СГП буде змінним для окремих років функціонування підприємства.

Перевірка цієї гіпотези здійснюється на підставі дослідження залежності тривалості вегетації ярих зернових культур від календарних термінів їх сівби. Для цього використовували дані (ТСХ-1) Яворівської метеорологічної станції щодо фенологічних фаз розвитку культурних рослин. Не заглиблюючись в агрономічні дослідження, зазначимо що вони виконуються за відповідними методиками [16, 19].

Маючи інформацію щодо термінів відновлення весняної вегетації озимих, термінів сівби ярих та початку фенологічної фази (повна стиглість) розвитку сільськогосподарської культури, за якої виконують зернозбиральні роботи уможлиблюється встановлення тривалості їх вегетації. Використовуючи багаторічні дані (7-30 років), сформовано базу вихідних даних котра відображає: 1) рік дослідження; 2) сільськогосподарську культуру; 3) часу початку відновлення весняної вегетації озимих культур; 4) часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період; 5) терміни початку сівби; 6) час початку фази повної стиглості культури.

Віднімаючи τ_{ϕ}^n від календарного терміну (τ_{ϵ}^o) відновлення весняної вегетації озимих зернових культур окремого року встановлено кількість ($\delta t_{\epsilon\epsilon}$) днів до між цими подіями. Визначення показника $\delta t_{\epsilon\epsilon}$ для множини років (1986-2020 рр.) дало змогу побудувати його залежність від τ_{ϕ}^n (рис. 3.4).

Таблиця 3.3 – Рівняння закономірності тривалості весняної вегетації озимих культур

№ з/п	Назва показника	Рівняння залежності	Коефіцієнт кореляції
1	Кількість днів до відновлення весняної вегетації озимих культур	$\Delta t_{\epsilon\epsilon} = -1.2156 \tau_{\phi}^n + 103.97$	-0,711
2	Тривалість весняної вегетації озимої пшениці	$t_{\epsilon}^{on} = -0.8057 \tau_{\epsilon} + 186.66$	-0,814
3	Тривалість весняної вегетації озимого жита	$t_{\epsilon}^{ож} = -0.8517 \tau_{\epsilon} + 187.51$	-0,877

На підставі інформації щодо термінів початку повної стиглості озимої пшениці й озимого жита (1984-2020 рр.) та τ_{ϕ}^n встановлено тривалість (t_{ϵ}) їх весняної вегетації (рис. 3.5).

Використовуючи відомі методи кореляційно-регресійного аналізу та сформовані ряди емпіричних значень t_{ϵ}^{on} та $t_{\epsilon}^{ож}$ встановлено їх кореляційну залежність від τ_{ϵ} , про що й свідчать коефіцієнти кореляції (табл. 3.3).

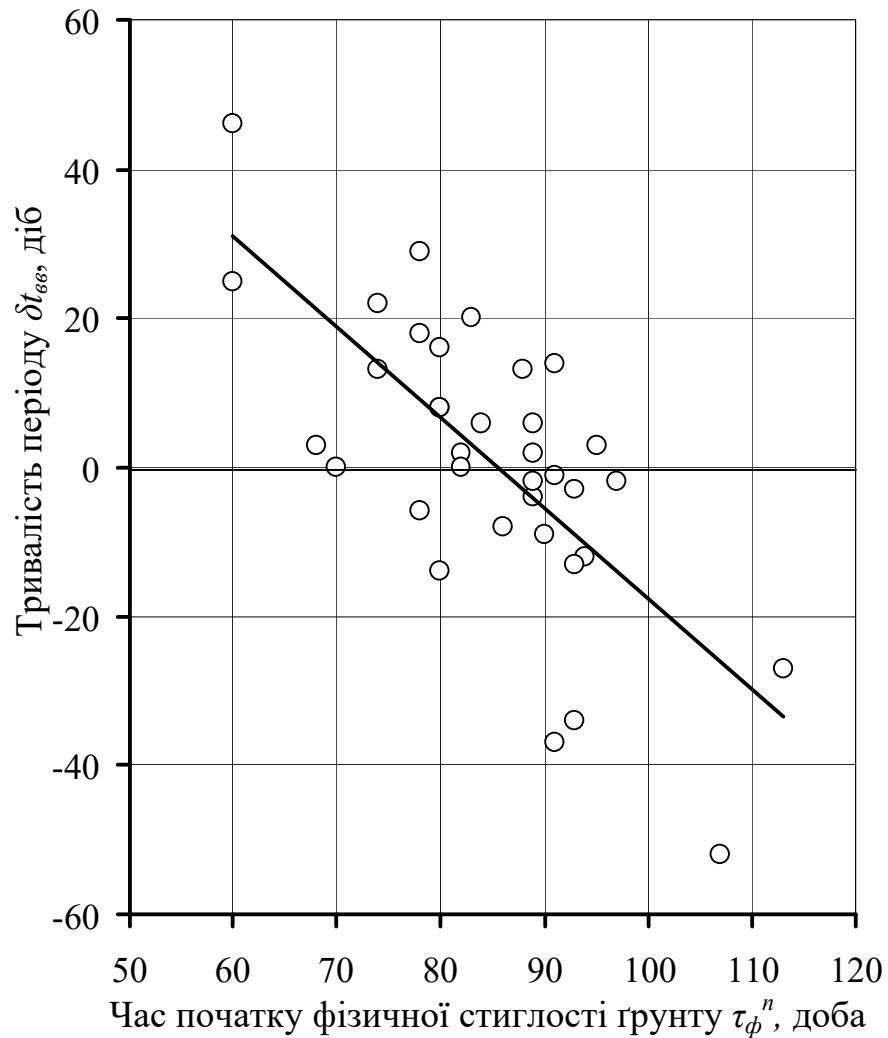


Рисунок 3.4 – Залежність кількості днів до відновлення весняної вегетації озимих культур від часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період

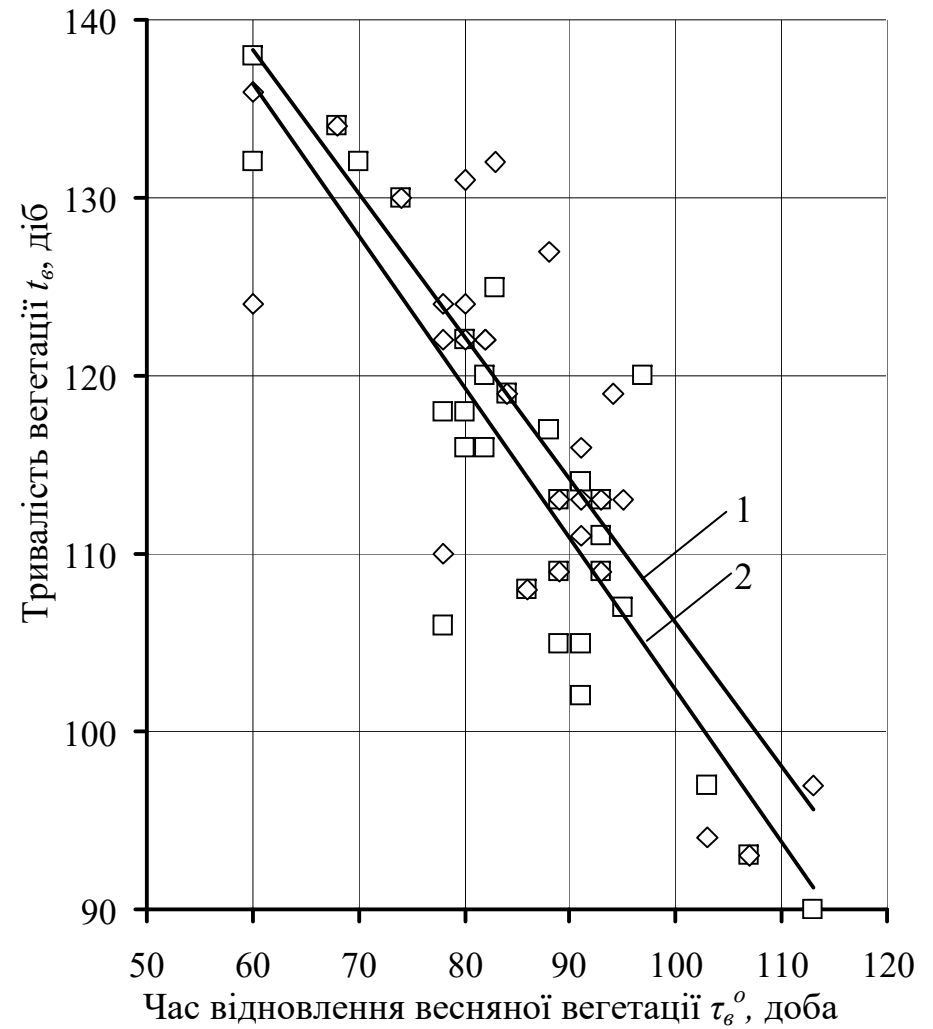


Рисунок 3.5 – Залежність тривалості весняної вегетації озимих культур від часу її відновлення: 1 – озима пшениця; 2 – озиме жито

З метою встановлення залежності тривалості вегетації сільськогосподарських культур, що сіють у весняний період, в першу чергу визначено календарні терміни сівби (τ_c), а також терміни виникнення відповідних фенологічних фаз розвитку культур. проміжок часу між зазначеними термінами репрезентує тривалість (t_v) вегетації ярих культур:

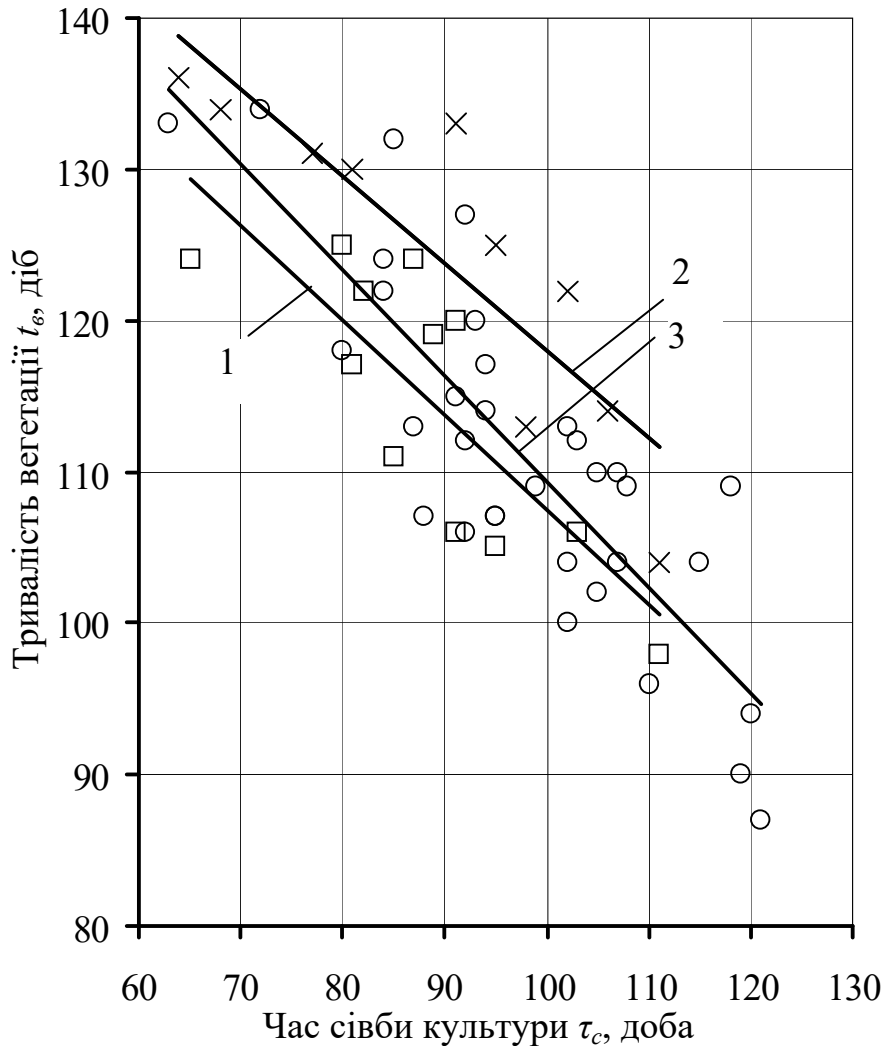


Рисунок 3.6 – Залежність тривалості періоду вегетації морозостійких культур від часу їх сівби: 1 – яра пшениця; 2 – овес; 3 – ярий ячмінь

$$t_v = \tau_d - \tau_c. \quad (3.15)$$

Побудова залежностей (рис. 3.6) із відповідними значеннями коефіцієнтів кореляції (табл. 3.4) є підставою для твердження, що тривалість вегетації ярих зернових культур перебуває в кореляційній залежності від часу їх сівби.

Таблиця 3.4 – Рівняння залежності тривалості вегетації головних сільськогосподарських культур від часу їх сівби

№ з/п	Назва культури	Включно із фазами розвитку	Рівняння залежності	коефіцієнт кореляції
1	Овес	воскова стиглість	$t_e^o = -0.5794 \tau_c^o + 175.94$	-0,870
2	Ярий ячмінь	повна стиглість	$t_e^{яя} = -0.7003 \tau_c^{яя} + 179.36$	-0,813
3	Яра пшениця	повна стиглість	$t_e^{яп} = -0.5658 \tau_c^{яп} + 165.15$	-0,770

На підставі вищенаведеного встановлено, що відповідно до культур які вирощують у СГП виникнення потреби виконання зернозбирального процесу на полях СГП є різним. Це зумовлене біологічними особливостями росту та розвитку сільськогосподарських культур та агрометеорологічними умовами періоду їх вегетації.

Таким чином, встановлено головні закономірності термінів досягання ярих зернових культур на полях СГП, що лежать в основі розробленої методики прогнозування цих термінів у моделі зернозбирального процесу.

3.4. Виконання досліджень та розробка методики обґрунтування розпису збирання зернових культур на окремих полях

Дослідження кліматичних умов, які характеризуються послідовністю погожих та непогожих проміжків, виконували на підставі даних Яворівської агрометеорологічної станції. з цією метою була зібрана інформація про погоду кожної окремої доби календарного періоду з 20 червня по 20 серпня для 16 останніх років (2005 – 2021 рр.). На підставі даної інформації оцінювали можливість виконання збирального процесу кожної окремої доби. Для цього користувалися відомими критеріями [2, 16, 33]. Зокрема, непогожою добою, як

значалося, вважали добу, коли дефіцит вологості повітря впродовж доби не перевищував 3 гПа. До непогожих діб відносили також бездощову добу після дощової, в яку випало опадів не менше 1,4 мм. Якщо дощ розпочинався у другій половині дня, а зранку можна було працювати не менше ніж три години (три години – періодичність фіксування інформації про погодні умови), то таку добу вважали погожою. У результаті поділу діб на погожі і непогожі отримали для кожного окремого року послідовність погожих та непогожих проміжків. У кожній з цих послідовностей перший і останній проміжок перевіряли на його завершеність. У разі, коли перший проміжок починався 20 червня, а останній завершувався 20 серпня, то такі проміжки вважалися завершеними і включалися до репрезентативної вибірки. В іншому разі вони до репрезентативної вибірки не включалися.

Статистичне опрацювання множин (репрезентативних вибірок) погожих і непогожих проміжків часу дало змогу визначити числові характеристики, а також обґрунтувати теоретичний закон їх розподілу, яким є трьохпараметричний розподіл Вейбулла. Встановлено, що густина функції розподілу тривалості погожих проміжків часу записується формулою

$$f(t_n) = 0,176 \left(\frac{t_n - 1}{6,32} \right)^{0,11} \times \exp \left[- \left(\frac{t_n - 1}{6,32} \right)^{1,11} \right]. \quad (3.16)$$

Густина функції розподілу тривалості непогожих проміжків часу має вигляд:

$$f(t_n) = 0,62 \left(\frac{t_n - 1}{1,97} \right)^{0,24} \times \exp \left[- \left(\frac{t_n - 1}{1,97} \right)^{1,24} \right]. \quad (3.17)$$

Для даних розподілів встановлено такі статистичні характеристики: оцінка математичного сподівання - $M[t_n] = 7,09$ діб, $M[t_n] = 2,84$ діб; оцінка коефіцієнта варіації - $v[t_n] = 0,907$, $v[t_n] = 0,817$ діб. Значення критерію згоди χ^2 - Пірсона відповідно становить $6,16 < 7,78$ та $2,46 < 6,25$, що свідчить про прийнятність гіпотези щодо теоретичного закону Вейбулла [6, 7, 12, 22, 32].

Важливою характеристикою збирання зернових є тривалість роботи комбайна впродовж доби. Вона залежить від фонду робочого часу. Специфіка організації збирання зернових така, що на одному комбайні впродовж доби може працювати один, два або три комбайнери, які прагнуть максимально використати дозволений природою фонд робочого часу для збирання. Саме режим роботи стимулюється економічно – оплата праці комбайнерів здійснюється за обсягом намолоченого зерна. Як уже зазначалося, тривалість роботи комбайна впродовж доби обмежується здебільшого кліматичними умовами (дефіцитом вологості повітря), яким притаманний ймовірний характер. Якраз вплив ймовірного характеру кліматичних умов слід вважати головною причиною нестабільності тривалості роботи комбайна впродовж доби [2, 16, 33]. На основі проведених досліджень побудовано гістограму і теоретичну криву розподілу кліматично допустимого фонду часу роботи комбайна впродовж доби (рис. 3.7). Головні статистичні характеристики цього розподілу наступні: оцінка математичного сподівання – 14,5 год; оцінка середньоквадратичного відхилення – 3,21 год.

Встановлено, що емпіричні дані узгоджуються нормальним теоретичним розподілом, густина функції якого має вигляд:

$$f(t_{\delta}) = 0,112 \times \exp \left[-\frac{(t_{\delta} - 13,08)^2}{25,09} \right], \quad (3.18)$$

Інші статистичні характеристики розподілу кліматично допустимого фонду часу роботи комбайна впродовж доби наведено в дод. А.2.

Окрім того, нами проаналізовано дані щодо кліматично допустимого початку роботи комбайна, який відображається нормальним законом розподілу. Функція густини такого розподілу має вигляд:

$$f(t_n) = 0,156 \times \exp \left[-\frac{(t_n - 8,69)^2}{13,01} \right], \quad (3.19)$$

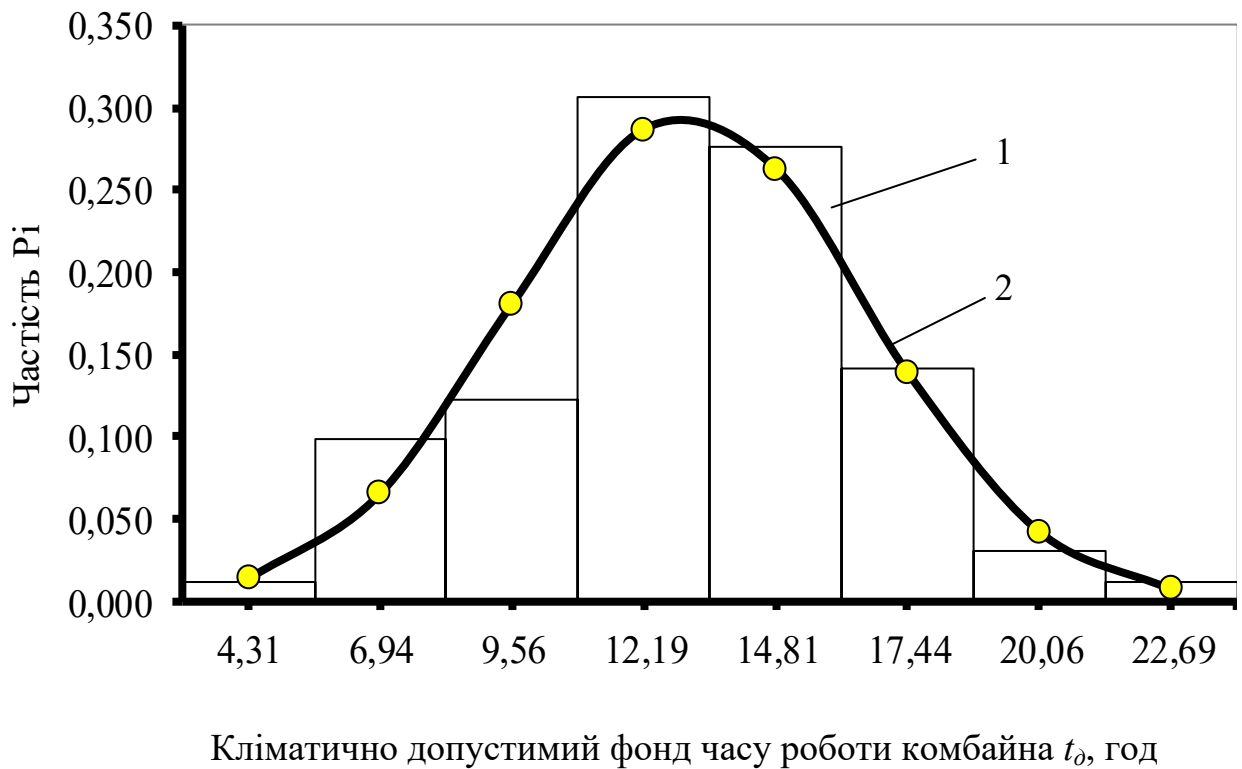


Рисунок 3.7 – Гістограма (1) і теоретична крива (2) розподілу кліматично допустимого фонду часу роботи комбайна впродовж доби

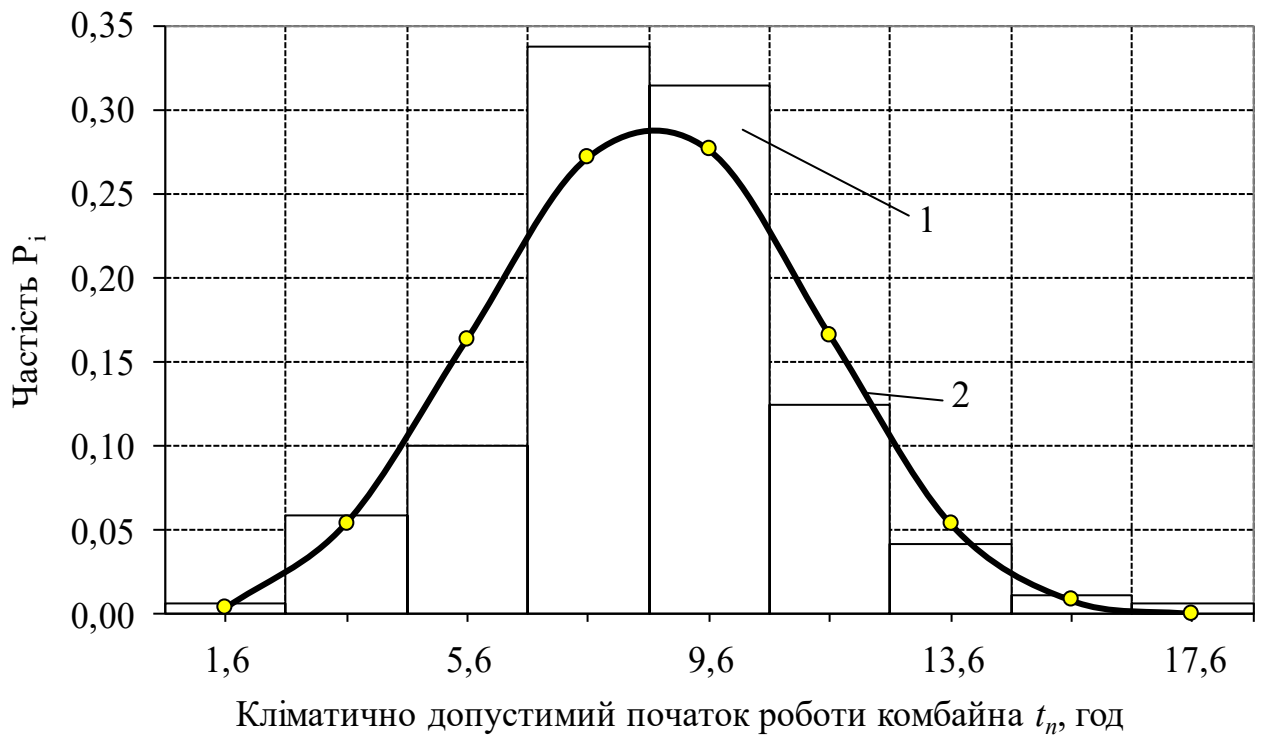


Рисунок 3.8 – Гістограма (1) і теоретична крива (2) розподілу кліматично допустимого початку роботи комбайна в окрему добу

Статистичні характеристики цього розподілу мають наступні значення (див. дод. А.3): оцінка математичного сподівання – $m(t_n) = 8,69$ год.; оцінка дисперсії – $D(t_n) = 7,84$. Очевидно, що кліматично допустимий фонд часу роботи комбайна впродовж доби, який визначається як різниця між 24 год. такліматично допустимим початком його роботи, залежить від кліматично допустимого початку його роботи. А, тому нами висунуто гіпотезу про те, що між фондом часу роботи комбайна впродовж доби та початком збирання існує кореляційна залежність. На підставі отриманих статистичних даних побудовано таку залежність, яка записується рівнянням

$$[t_o] = -1.2285t_n + 24.84. \quad (3.20)$$

Коефіцієнт кореляції при цьому становить 0,87.

Окрім того, встановлено, що між кліматично допустимим фондом часу роботи комбайна впродовж доби та середнім значенням дефіциту вологості існує логарифмічна залежність (рис. 3.9). Вона описується наступним рівнянням:

$$D = 3,85 \cdot e^{0,1t_o}, \quad (3.21)$$

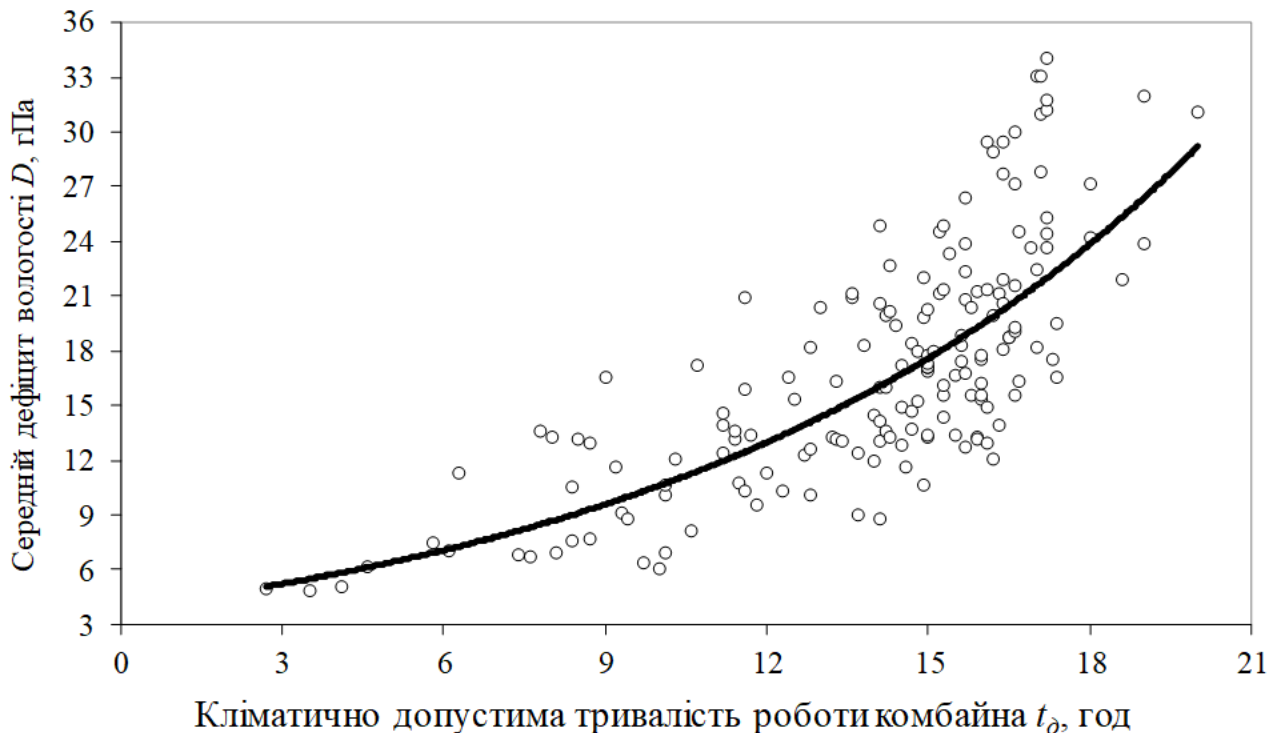


Рисунок 3.9 – Залежність між кліматично допустимим фондом часу роботи комбайна впродовж доби та дефіцитом вологості

Залежність між допустимою тривалістю роботи комбайна впродовж доби та дефіцитом вологості має середню тісноту зв'язку. Коефіцієнт кореляції при цьому становить 0,612.

Як уже зазначалося, реальний фонд часу роботи комбайна впродовж доби окрім кліматично допустимого фонду часу, залежить ще і від організації процесу збирання зернових. На практиці орієнтовно початок збирання розпочинається о 9 годині ранку. Це підтверджують дані проведених нами спостережень. Отже, щоб встановити реальний фонд часу роботи комбайна впродовж доби слід враховувати те, що збирання раніше ніж 9 година ранку не розпочинається.

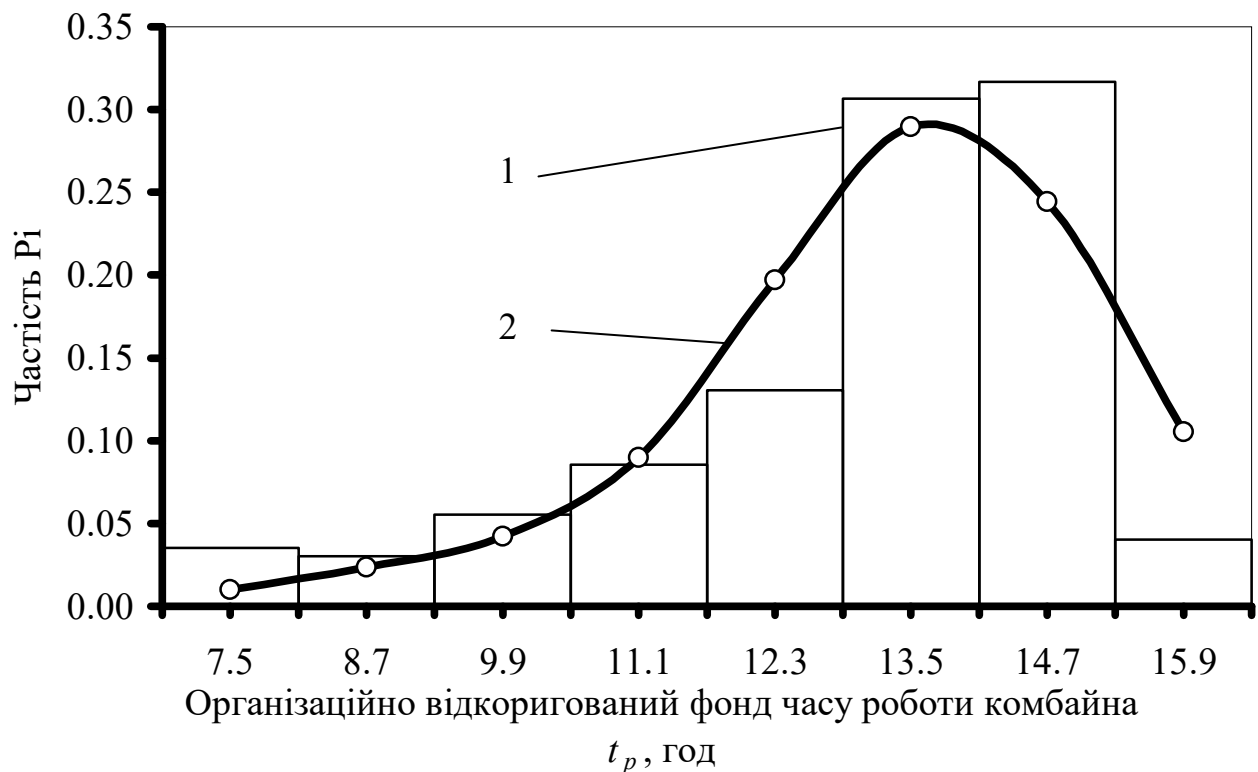


Рисунок 3.10 – Гістограма (1) і теоретична крива (2) розподілу організаційно відкоригованого фонду часу роботи комбайна впродовж доби

Для того, щоб полегшити моделювання організаційно відкоригованого фонду часу роботи комбайна впродовж доби нами використано машинну програму, написану на мові Turbo Pascal –7.0.

У результаті проведених машинних експериментів побудовано розподіл фонду часу роботи комбайна впродовж доби, який відображається законом Лапласа-Шарльє (див. дод. А.4). Функція такого розподілу має вигляд:

$$\varphi(t_p) = 0,2e^{-\frac{t^2}{2}} \{0,8t(t^2 - 3) + 0,038[t(t^2 - 2) - 3(t^2 - 1)]\}, \quad (3.22)$$

де t - відносна величина, $t = \frac{t_p - 13.06}{1.96}$. значення критерію χ^2 -пірсона

становить 31,0, що є менше за табличне ($\chi^2 = 31.41$).

Тому рівняння (3.22) можна вважати теоретичним законом розподілу.

Для розподілу комбайнів по полях, які підлягають збиранню в даний час, нами пропонується використати метод лінійного програмування. Використання методу лінійного програмування виявляється можливим в зв'язку з тим, що симплекс-матриця для кожної конкретної задачі має відносно невеликі розміри при використанні нижче описаної моделі. В той же час, математично-точний метод знаходження екстремуму дозволяє уникнути відомої суб'єктивності евристичних методів пошуку кращого рішення.

Виходячи з вимоги автоматизації всього програмного комплексу, симплексна матриця задачі розподілу комбайнових агрегатів повинна формуватися автоматично. Симплексна матриця формується на основі інформації по агроєкологічних характеристиках полів, які підлягають збиранню, а також стану погоди в даний день. Ця інформація включає - поточну площу, урожайність, солонистість, ціну на зерно, метод збирання, середній дефіцит вологості в даний день, тривалість робочого дня в даний день.

Середній дефіцит вологості повітря і тривалість дня, впродовж якого можлива робота зернозбиральних комбайнів визначали використовуючи метод Монте-Карло і апроксимацію денного ходу дефіциту вологості поліномом Лагранжа.

Вектори дефіциту вологості повітря, одержані за допомогою моделювання, а також історичні дані, можуть бути апроксимовані за

допомогою інтерполяційного поліному лагранжа в 10 точках: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 години. Така апроксимація потрібна для визначення величини дефіциту в проміжних точках, а також для визначення тривалості роботи комбайну впродовж дня.

Для апроксимації використовується формула

$$D(t) = \frac{(t-t_1)(t-t_2)\dots(t-t_n)}{(t_1-t_0)(t_1-t_2)\dots(t_1-t_n)} D_0 + \frac{(t-t_0)(t-t_2)\dots(t-t_n)}{(t_1-t_0)(t_1-t_2)\dots(t_1-t_n)} D_1 + \dots \dots + \frac{(t-t_0)(t-t_1)\dots(t-t_{n-1})}{(t_n-t_0)(t_n-t_1)\dots(t_n-t_{n-1})} D_n \quad (3.23)$$

де t - час доби, для якого потрібно визначити поточне значення дефіциту вологості, годин; $t_0\dots t_n$ - вузлові точки поліному лагранжа. час доби; $D_0\dots D_n$ - значення дефіциту вологості в вузлових точках, гПа; n - кількість вузлових точок, $n=10$.

Визначення середнього дефіциту вологості повітря потрібно проводити з врахуванням обмеження на мінімальне значення дефіциту вологості, коли можлива робота зернозбирального комбайна - > 3 гПа. Теоретично може виникнути ситуація, коли впродовж дня дефіцит вологості може декілька раз знижуватись нижче 3 гПа., в той час як критерій по випаданню опадів (не більше 1,4 мм на протязі попередніх 24 годин) ще не спрацьовує. В такому випадку може бути декілька робочих відрізків впродовж робочого дня, і тривалість робочого дня буде визначатися сумою цих відрізків, а середній дефіцит вологості повітря визначиться як:

$$T = \sum_{i=1}^N t_i, \quad (3.24)$$

$$D = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} D(t) dt}{(t_{i+1} - t_i)} \right), \quad (3.25)$$

де D - середній дефіцит вологості повітря на протязі робочого дня, гпа; i - номер періоду впродовж дня, коли можлива робота комбайна; n - кількість періодів впродовж дня коли дефіцит вологості повітря вищий 3гпа.

Основаючись на цьому підході нами визначено середню можливу тривалість збирання зерновим комбайном на протязі дня, і середній дефіцит вологості повітря на протязі збирального періоду для західних областей України. одержані результати наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Середній дефіцит і середня тривалість роботи комбайна

Область	Середній дефіцит, гпа	Середня тривалість роботи комбайна, год
Волинська	9.36	11.32
Львівська	8.39	10.88
Рівненська	3.44	11.01

Визначена таким чином тривалість збирання впродовж доби використовується в формулюванні лінійної моделі розподілу збиральних агрегатів по полях, які біологічно готові до збирання.

Цільова функція лінійної моделі виражає прибуток, який буде одержано при збиранні в даний день, з відрахування ціни втраченого зерна і прямих експлуатаційних затрат:

$$Z = \sum_i^N \sum_j^M (T \cdot W_{ij} \cdot X_{ij} \cdot Y_i \cdot C_i - W_{ij} \cdot P_{ij} \cdot T \cdot X_{ij}) -$$

$$\sum_i^N C_i \cdot \Pi_i \cdot \left(S_i - \frac{\sum_j^M (W_{ij} \cdot X_{ij})}{2} \right) \rightarrow \max. \quad (3.26)$$

Обмеження лінійної моделі:

$$\sum_j^M T \cdot X_{ij} \cdot W_{ij} \leq S_i \text{ (обмеження по кількості полів);}$$

$$\sum_j^N X_{ij} \leq K_j \text{ (обмеження по кількості комбайнів } j \text{ марки);}$$

$$\sum_j^N X_{ijk} \leq K_{jk} \text{ (обмеження по кількості комбайнів } k \text{ -ї комплектації – копнувач,}$$

подрібнювач)

де t - тривалість можливої (за погодними умовами) роботи комбайнів в даний день, годин; W_{ij} - продуктивність комбайна j -ї марки на i -му полі, га/год; s_i - поточна площа i -го поля на початку дня, га; y_i - поточна урожайність на i -му полі, ц/га; c_i - ціна зерна на i -му полі, грн./ц; n_i - поточні втрати зерна на i -му полі, p_{ij} - експлуатаційні затрати комбайна j -ї марки на i -му полі, без врахування реновації, грн./га; x_{ij} - кількість комбайнів j -ї марки на i -му полі, од; n - кількість полів, од; m - кількість марок комбайнів, од. k_j - загальна кількість комбайнів j -ї марки, од; k_{jk} - загальна кількість комбайнів j -ї марки, k -ї комплектації.

Метод одержання рішень розподілу комбайнів по полях, які підлягають збиранню в даний день за допомогою моделі лінійного програмування потребує перевірки на його адекватність реальним виробничим умовам.

Лінійна модель дещо спрощує реальний процес прийняття рішень по розподілу комбайнових агрегатів по полях, які підлягають збиранню на даний день. Вона не враховує різні специфічні ситуації, які можуть виникати в реальній системі. Перш за все не враховується вплив інших операція не зв'язаних з проведенням збирально-транспортних робіт. В той же час застосування точного методу оптимізації, що забезпечує знаходження глобального оптимуму, а також автоматизує весь процес прийняття рішень має свої безперечні переваги.

Висновки до розділу 3

1. Використання відомих методів математичної статистики для опрацювання даних метеорологічної станції дало змогу встановити статистичні характеристики розподілу часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний та його завершення в літньо-осінній періоди. Перевірка відповідності теоретичного та емпіричного розподілів за критерієм χ^2 Пірсона дала змогу встановити розподіл τ_ϕ^n , яким є – нормальний скорегований многочленом із наступними статистичними характеристиками – $\bar{M}[\tau_\phi^n]=85,67$ доба, $\bar{V}[\tau_\phi^n]=0,39$ діб, а також τ_ϕ^3 із законом розподілу Вейбулла та характеристиками – $\bar{M}[\tau_\phi^3]=322,54$ доба, $\bar{V}[\tau_\phi^3]=0,46$ діб.

2. Математичне опрацювання даних метеорологічної станції дало змогу встановити закономірності тривалості вегетації сільськогосподарських культур (рис. 3.4-3.6). Встановлені коефіцієнти кореляції (табл. 3.3-3.4) є підставою прийняття гіпотези щодо лінійної кореляційної залежності тривалості вегетації культур від часу початку їх сівби у весняний період, що є важливою підставою обґрунтування календарних термінів досягання культури та початку зернозбирального процесу на полях сільськогосподарського підприємства.

3. Математичне опрацювання результатів виробничих експериментів уможливорює формалізацію причинно-наслідкових зв'язків чинників процесу збирання ранніх зернових культур за їх сукупної дії, що є однією із важливих передумов об'єктивного відображення зернозбирального процесу в його імітаційній моделі.

4. Експериментально обґрунтовано, що для періоду збирання ранніх зернових культур в умовах Малого Полісся, погожі та непогожі проміжки часу, що чергуються між собою, відображаються теоретичним законом розподілу Вейбулла (3.16, 3.17) з такими статистичними характеристиками: для погожих проміжків – оцінкою математичного сподівання $M[t_n]=7$ діб, оцінкою коефіцієнта варіації $V[t_n]=0,907$; для непогожих проміжків часу – оцінкою математичного сподівання $M[t_n]=2,89$ діб, оцінкою коефіцієнта варіації

$V[t_n]=0,817$, що є важливою основою як для стратегічного, так і тактичного планування збирального процесу.

5. Експериментально обґрунтована модель кліматично допустимого фонду часу роботи комбайна впродовж доби за загальноприйнятим критерієм дефіциту вологості повітря та наявності роси відображається теоретичним законом Гаусса з наступними статистичними характеристиками: оцінкою математичного сподівання $M[t_d]=14,5$ діб та оцінкою коефіцієнта варіації $V[t_n]=0.38$, що є основою як для планування роботи комбайна впродовж доби, так і проектування збиральної системи.

6. Експериментально обґрунтована модель кліматично допустимого часу початку роботи комбайна за критерієм дефіциту вологості повітря та наявності роси, що відображається теоретичним законом Гаусса ($M[t_{np}]=8,69$ діб, $V[t_{np}]=0.34$), а також кореляційні залежності є основою як для планування початку роботи комбайнів впродовж доби, так і статистичного імітаційного моделювання комбайнового збирання зернових у регіоні.

7. Обґрунтований на основі статистичного імітаційного моделювання розподіл організаційно відкоригованого фонду часу роботи комбайна впродовж доби за умови двохзмінного його використання з 9 години (3.19) дає змогу планувати середньодобову тривалість його роботи, яка становить 13,06 год., а також досліджувати показники ефективності збирального процесу як ймовірні величини.

8. Метод одержання рішень розподілу комбайнів по полях, які підлягають збиранню в даний день за допомогою моделі лінійного програмування потребує перевірки на його адекватність реальним виробничим умовам.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Структурно функціональний аналіз та оцінення травмонебезпечних чинників в процесі механізованого збирання зернових

Під час виконання робіт у механізованих процесах збирання льону-довгунцю з точки зору роботи оператора (тракториста) характеризуються певною травмо- та аварієнебезпекою. Безпека праці безпосередньо на робочому місці (в кабіні трактора, комбайна та біля сільськогосподарської машини), значним чином впливає на такий показник як використання робочого часу, а відповідно і на продуктивність машинно-тракторного агрегату в цілому [8].

Тому, створення безпечних умов праці є одним із важливих шляхів підвищення ефективності виконання технологічного процесу збирання льону-довгунцю за роздільної технології.

Охорону праці необхідно розглядати як систему законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на створення безпечних умов збереження здоров'я і працездатності людей в процесах праці.

Отже, слід виокремити складові охорони праці, якими є: законодавство про працю, виробнича санітарія і безпека застосування різних технічних засобів у технологічних процесах виробництва рослинної продукції, включаючи і пожежну безпеку. Для окреслення груп чинників, котрі характеризуються тією особливістю, що зумовлюють виникнення травмонебезпечних та аварійно небезпечних умов розглянемо види технологічних фаз і операцій, що мають місце в процесі механізованого збирання льону-довгунцю [8, 14]:

технологічні фази:

1. переїзд агрегату на поле;
2. робота агрегату на полі;
3. переїзд агрегату з поля;

технологічні операції:

1. робочий хід агрегату;

2. холостий хід агрегату (розворот, переїзд в іншу загінку);
3. зупинка.

Можливими травмонебезпечними чинниками є [14]:

1. ураження обертовими частинами машини;
2. несправність органів керування, гальм, муфти;
3. перевищення швидкості руху;
4. відмова одного з вузлів агрегату;
5. аварійно-небезпечний стан доріг;
6. недотримання правил пожежної безпеки;
7. алкогольне сп'яніння.

4.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм у процесі механізованого збирання зернових

Кожний із логічних процесів, які можуть формувати виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій, можна виокремити та знайти подію з якої саме і може проявитися небезпечний процес, ще до моменту виникнення небезпечних наслідків. Методика рівня оцінки безпеки машин, робочих місць, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня безпеки для конкретного об'єкта [14].

За аналогічним показником встановлювалася ймовірність виникнення травми, аварії залежно від явища яке досліджується. Користуючись методикою обчислення ймовірності виникнення випадкового явища є можливість оцінки рівня безпеки певного об'єкта чи явища. Даний є надзвичайно поширеним в практиці інженерів у зарубіжних країнах. Суть його загальних принципів полягає в тому, що на основі обстеження окремої машини чи робочого місця здійснюють пошук прояву потенційних виробничих небезпек, аварійних або травматичних ситуації. При оцінці виробничих ситуацій встановлюють події, які можуть стати головними під час побудови логічно-імітаційної моделі

травми. В результаті цього створюють модель “дерева відмов і помилок оператора”. Тому, слід зауважити, що надзвичайно важливе значення в даному випадку має правильний вибір головної події, від чого залежить ефективність, а значить і доцільність виконання моделі.

Наведемо методику побудови логічно-імітаційної моделі. Головну подію, котра зумовлює виникнення травми, модель якої необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об’єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва виникає [14].

Після вибору домінуючого випадкового явища (події) розпочинаємо побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”, використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як домінуюча чи головна.

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

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

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

Керуючись даними отриманими з виробництва визначаємо ймовірність базових подій. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. З метою визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня на підприємстві виконується відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 60% або 20%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,6 і 0,2. У випадку відсутності контролю

ймовірність становитиме 1, а у випадку «ідеального» контролю – ймовірність дорівнює 0.

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

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно-імітаційної моделі [14].

Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі збирання льону-довгунця за роздільною технологією складемо перелік базових подій. Вони лежатимуть в основі даної моделі. Кожній події (пункту) присвоїмо певне значення ймовірності його виникнення:

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

На основі подій, які були нами досліджені будуємо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими її пунктами, а графічна інтерпретація якої наведена на рис. 4.1.

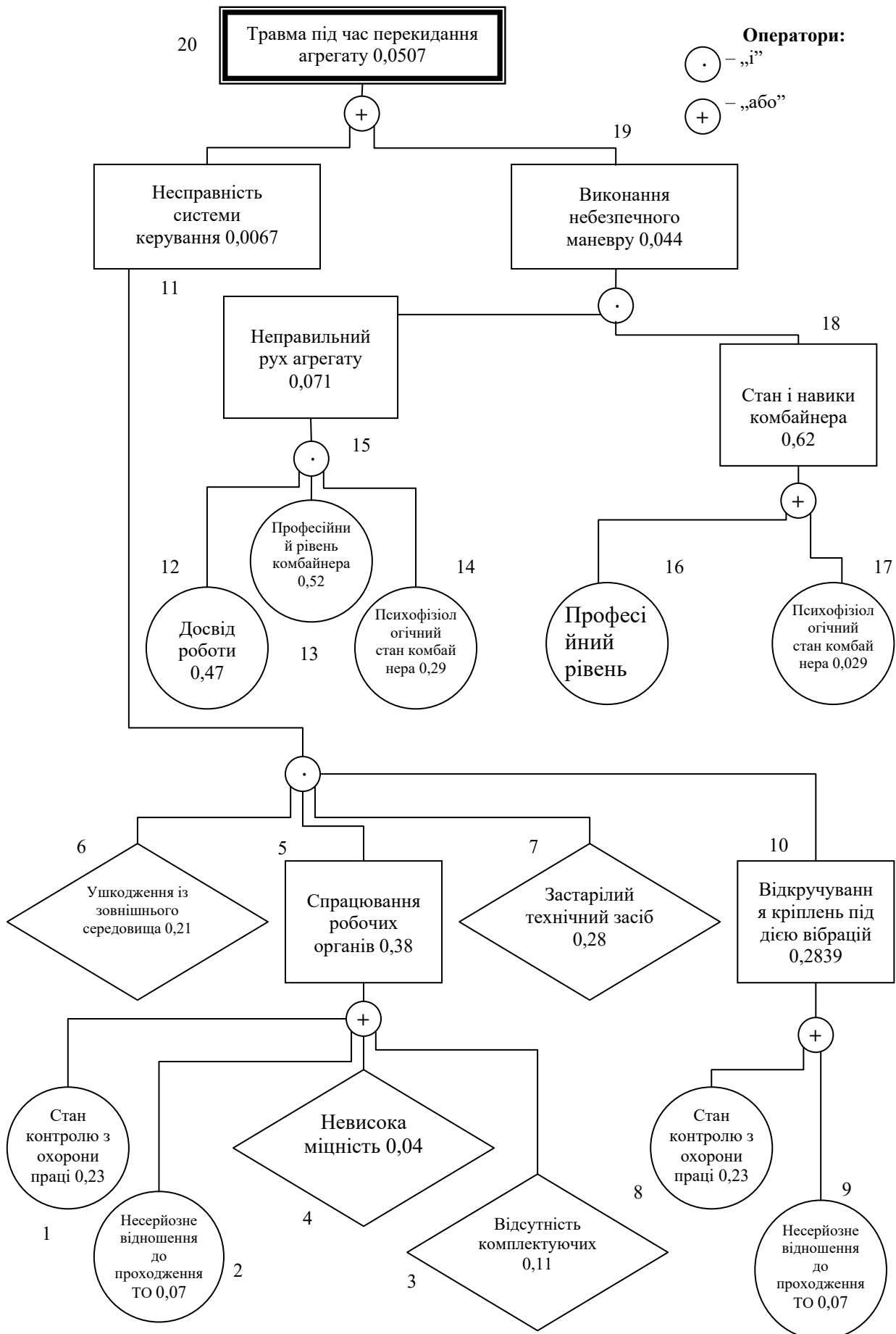


Рисунок 4.1 – Матриця логічних взаємозв'язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації [14]

Виконаємо розрахунок можливості виникнення подій, які формують логіко-імітаційну модель технологічного процесу збирання льону-довгунцю. До прикладу розглянемо травмонебезпечну ситуацію, яка виникає за умови збирання льону-довгунцю на значних ухилах полів, або близько ярів чи при їх об'їзді, і яка може спричинити перекидання агрегату. Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

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

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так:

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

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

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

Ймовірність виникнення події P_{15} визначаємо наступним чином:

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

Ймовірність події P_{18} :

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

Ймовірність події P_{19} :

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

Ймовірність події P_{20} :

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

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

Застосовуючи на практиці логіко-імітаційні моделі для дослідження аварій і травм та обґрунтовуючи заходи з охорони праці, уможлиблюється зниження ймовірності виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій. У випадку якщо є необхідність оцінки рівня небезпеки робочого місця, необхідно вивчити та побудувати логічні моделі ймовірних небезпечних ситуацій, що враховують усі стани обладнання, самого робочого місця, а також поведінку оператора та розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

4.3. Безпека в надзвичайних

Нагальність вирішення проблеми природно-техногенної безпеки для населення і території, є зумовлена постійним зростанням втрат людей, що спричинене небезпечними різного роду явищами, аваріями та катастрофами. Ризик прояву надзвичайних подій як природного так і техногенного характеру невпинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від цього негативного впливу є на сьогодні надзвичайно важливим.

Прийоми та заходи щодо зниження рівня впливу негативних наслідків аварійних ситуацій здійснюються з метою попередньої підготовки підприємств до можливого прояву небезпечних подій, а саме створення умов для підвищення стійкості їх роботи, а у випадку їх виникнення можливості проведення оперативних рятувальних заходів.

В Законі України “Про цивільну оборону України” зафіксовано, що відповідальність за організацію цивільної оборони на підприємстві покладається на його керівника. Воно (керівництво підприємства) зобов'язане забезпечити усіх своїх працівників засобами індивідуального та колективного захисту, а також створити загони, які призначені для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [14].

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

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

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

Радіаційний і хімічний захист повинен включати заходи які направлені на оцінку хімічної та радіаційної обстановки, організацію та здійснення

дозиметричного і хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки [14].

Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні [14].

Висновки до розділу 4

1. Ймовірних причин аварій у виробництві може бути як одна так і декілька, це пов'язано із потенційно небезпечними невідповідностями виробничих умов встановленим вимогам. Тому існуючий метод логічного моделювання, на жаль не може бути застосований для дослідження складних аварій і катастроф. Застосування цієї методики уможливорює усунути потенційних небезпек на виробництві та знижує ймовірність прояву небезпечних ситуацій в процесі механізованого збирання льну-довгунцю.

2. Розроблення та впровадження у виробництво логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм, а також обґрунтування заходів охорони праці, уможливають зниження ймовірності виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Побудовані нами логічні моделі ймовірних небезпечних ситуацій, враховують стан машин та робочого місця, поведінку тракториста, а також розраховують можливість отримання виробничих травм.

3. Нагальність вирішення проблем природно-техногенної безпеки для населення і території, є зумовлена постійним зростанням втрат людей, що спричинене небезпечними різного роду явищами, аваріями та катастрофами. Тому важливим є розроблення прийомів та заходів щодо зниження рівня впливу негативних наслідків аварійних ситуацій, а саме: попередньої підготовки підприємств до можливого прояву небезпечних подій; створення умов для підвищення стійкості їх роботи; у випадку їх виникнення можливості проведення оперативних рятувальних заходів.

5. ВАРТІСНЕ ОЦІНЕННЯ ВИТРАТ НА ВИКОНАННЯ РОБІТ У ПРОЦЕСІ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ

На підставі отриманих даних дослідження можна стверджувати, що тривалість допустимого фонду часу роботи зернозбирального комбайна в умовах Малого Полісся Львівщини є імовірнісною величиною із відповідними статистичними характеристиками. Враховуючи це, планування обсягів робіт щодо часу роботи зернозбирального комбайна у окремому підприємстві, яке здійснюється для комплексу машин із заданими параметрами, необхідно здійснювати із врахуванням цієї об'єктивної особливості.

Зазвичай планування обсягів та термінів їх виконання для зернозбирального комплексу машин на практиці здійснюється за середньостатистичними показниками. Оскільки, мінливість предметної складової та зокрема t_{nd} зумовить таку ситуацію за якої використання сформованого за середньостатистичними показниками тривалості t_{nd} комплексу машин для відповідної площі зернових підприємству 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 у зв'язку із відсутністю роботи, у разі відхилення t_{nd} у меншу сторону зумовить несвоєчасність виконання робіт та виникнення технологічних втрат врожаю.

Для підтвердження цього твердження здійснено розрахунки щодо встановлення планової площі озимої пшениці у сільськогосподарському підприємстві для визначеного комплексу машин із заданими параметрами, наприклад для комплексу машин сформованого на базі зернозбирального комбайна (фірми CLAAS моделі Tuscano 470) та тракторо-транспортний агрегат (у складі трактора CLAAS AXION 820 та перевантажувального бункера-накопичувача HORSCH TITAN 34UW) (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Структура комплексу машин для механізованих процесів збирання озимої пшениці

№ з/п	Назва робіт	Площа, га	Початок робіт, доба	Агротехнічна тривалість робіт, діб	Коеф. змінності	Марка трактора	Марка машини	К-ть тракторів, чол.	К-ть доп. тракторів, чол.	Годинна продуктивність ($W_{год.}$), га, т/км	Питома витрата палива, кг/га
1	Пряме комбайнування	90	15.Лип	10	1.5	–	CLAAS Tucano 470	1	0	5,36	17.50
2	Транспортування зібраної пшениці від комбайна	90	15.Лип	10	1.5	CLAAS AXION 820	HORSC H TITAN 34UW	1	0	20,6	11.60

Відповідно до вибраної площі, та початкових даних вартісного оцінення експлуатаційних витрат нами визначені питомі експлуатаційні витрати на виконання відповідного обсягу робіт комплексом машин для збирання озимої пшениці.

Питомі експлуатаційні витрати ($B_{тн}$) СГП на функціонування зернозбирального комбайна під час виконання, для прикладу, технологічної операції пряме комбайнування визначають за формулою [18, 23]:

$$B_{тн} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (5.1)$$

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 оператора становить:

$$C_1 = \frac{m\Pi}{W^{год}}, \quad (5.2)$$

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

Відповідно до сформованих початкових даних (табл. 5.1) виконаємо розрахунок експлуатаційних витрат для площі – 90 га та пряме комбайнування озимої пшениці, за умови, що зайнятість комбайна на цій операції становить – 0,16 (тобто 16 % від річного фонду часу).

Отже, за формулою (5.2) визначаємо питомі витрати коштів на оплату праці оператора (тракториста).

$$C_1 = \frac{1 \cdot 122,45}{5,36} = 22,84 \text{ грн/га.}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів визначається за формулою:

$$C_2 = C_k \cdot Q, \quad (5.3)$$

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

$$C_2 = (26 \cdot 17,5 + 70 \cdot 0,1) = 462,00 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на амортизацію [18, 23]:

$$C_3 = \frac{K'' \cdot n \cdot a \cdot k}{100 \cdot S_\phi}, \quad (5.4)$$

де K'' – балансова вартість трактора (машини), грн; a - норма відрахувань на амортизацію машини, %; n – кількість машин, од; k - коефіцієнт зайнятості трактора (машини) на технологічних операціях у господарстві; S_ϕ – обсяг робіт, га.

Норма відрахувань на амортизацію машини приймаємо для комбайна $a=15\%$; коефіцієнт зайнятості для комбайна $k_{rm} = 0,16$.

- для трактора:

$$C_3 = \frac{6200000 \cdot 15 \cdot 0,16}{100 \cdot 90} = 1653,33 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування визначають за формулою:

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

де p - норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування для комбайна $p = 0,068\%$; T - нормативне річне завантаження для комбайна $T = 120$ год.

Визначаємо відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування

$$C_4 = \frac{6200000 \cdot 0,068}{5,36 \cdot 120} = 655,47 \text{ грн/га};$$

Отже, питомі експлуатаційні витрати ($B_{\text{тн}}$) СГП на виконання технологічної операції пряме комбайнування озимої пшениці та функціонування комбайна будуть становити:

$$B_{\text{тн}} = 22,84 + 462,00 + 1653,33 + 655,47 = 2793,65 \text{ грн/га};$$

Використовуючи аналогічну методику нами здійснено розрахунки для інших технологічних операцій, а отримані результати внесені в таблицю 5.2.

Таким чином, виконання вищенаведених розрахунків дає змогу встановити питомі експлуатаційні витрати коштів на виконання механізованого процесу збирання озимої пшениці. Сумарна потреба у коштах для виконання цих робіт на площі 90 га становитиме – 359044,20 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.

Таблиця 5.2 – Результати вартісного оцінення загальних експлуатаційних витрат на виконання прямого комбайнування озимої пшениці

№ з/п	Назва показника	Розмірність	Питомі витрати, грн/га	Витрати на всій площі культури, грн.
1	Амортизаційні відрахування	грн/га	2408,89	216800,10
2	Відрахування на ремонт та ТО	грн/га	768,00	69120,00
3	Витрати на зарплату	грн/га	41,88	3769,20
4	Витрати на ПММ	грн/га	770,60	69354,00
	Експлуатаційні витрати	грн/га	3989,38	359044,20

Проте, такий підхід не забезпечує сільськогосподарське підприємство від ймовірності того, що за тривалих несприятливих агрометеорологічних умов наявний комплекс машин уможливить вчасне виконання виконати робіт та буде простоювати без роботи (рис. 5.1). Як видно, така специфіка механізованого процесу збирання озимої пшениці на практиці зумовлює потребу використання методів ситуаційного прийняття відповідних рішень.

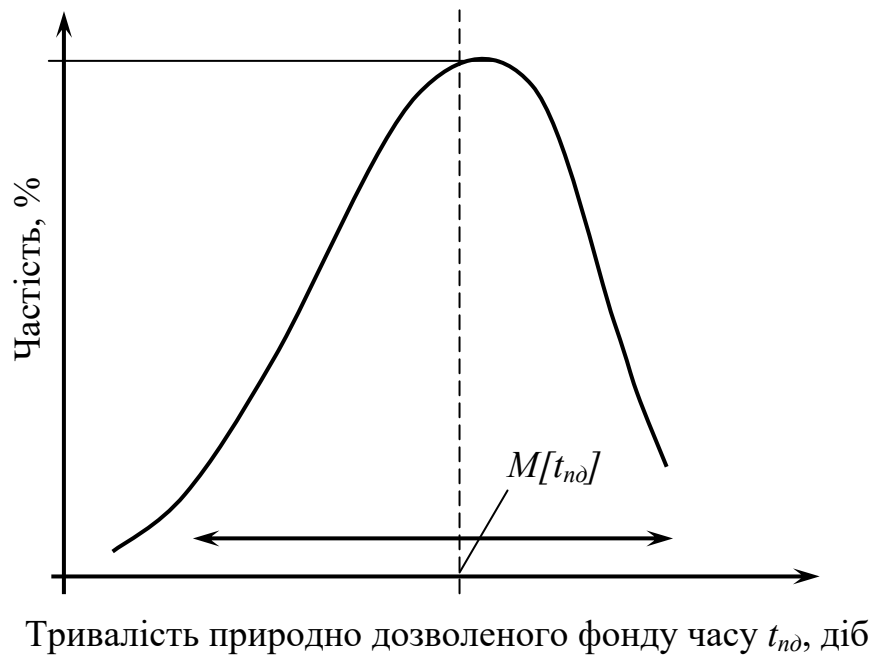


Рисунок 5.1 – Межі відхилення випадкової величини t_{nd} від її середньостатистичного значення

Отже, вартісне оцінення витрат на виконання механізованого процесу збирання озимої пшениці на підставі детермінованих показників відповідно до обсягів робіт у реальних виробничих умовах може бути дещо іншим. Тому це відхилення зумовлене стохастичною дією агрометеорологічної складової, а відтак призводить до технологічного ризику.

Висновки до розділу 5

Використання методики вартісного оцінення експлуатаційних витрат підприємства на виконання процесу механізованого збирання озимої пшениці прямим комбайнуванням дало змогу встановити витрати коштів на оплату праці тракториста, вартість паливо-мастильних матеріалів, відрахування на амортизацію та технічне обслуговування і ремонт машинних агрегатів. Отже, сумарна потреба у коштах для виконання процесу механізованого збирання озимої пшениці прямим комбайнуванням на площі 90 га становитиме – 359044,20 грн.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Аналіз сезонної програми зернозбирального комбайна переконує у тому, що загальна площа збирання може бути стахостично розподілена у часі. Очевидно чим більше різниця часу між моментом досягання першого і останнього поля, що входять до сезонної програми, тим ефективніше можна виконати збиральний процес.

2. Розглядаючи тривалість роботи комбайна на полі від моменту завершення вивантаження бункеру до моменту його наповнення, можемо виділити ще такі її складові як тривалість руху комбайна у загінці та тривалість розворотів. Кожна із зазначених тривалостей має свій момент початку і момент завершення, настання яких зумовлюється певними причинами. Не вдаючись до глибокого аналізу цих причин, зазначимо. Що вони у кінцевому результаті зумовлюють добову продуктивність комбайна. Іншими словами. Добова продуктивність комбайна залежить від багатьох чинників, які потрібно врахувати у її моделі.

3. В основу розробленого методу прогнозування термінів дозрівання зернових культур на окремих полях СГП покладено гіпотезу про вплив агрометеорологічних умов окремого календарного року на біологічні процеси росту та розвитку культури та інтенсивність її вегетації загалом.

4. Необхідно зазначити, що годинна продуктивність буде зростати зі зменшенням врожайності та солемистості, а також із збільшенням пропускної здатності комбайна та довжини гону. Годинна продуктивність зумовлює значення добового виробітку комбайна. Крім цього, чинниками добового виробітку ($W_{\partial, r, \gamma}$) є також тривалість (t_{∂}) робочого часу доби і ефективність організації (O) роботи комбайна, яка зумовлює повноту використання цього часу.

5. Експериментально обґрунтовано, що для періоду збирання ранніх зернових культур в умовах Малого Полісся, погожі та непогожі проміжки часу, що чергуються між собою, відображаються теоретичним законом розподілу Вейбулла (3.16, 3.17) з такими статистичними характеристиками: для погожих проміжків – оцінкою математичного сподівання $M[t_n]=7$ діб, оцінкою

коефіцієнта варіації $V[t_n]=0.907$; для непогожих проміжків часу – оцінкою математичного сподівання $M[t_n]=2,89$ діб, оцінкою коефіцієнта варіації $V[t_n]=0,817$, що є важливою основою як для стратегічного, так і тактичного планування збирального процесу.

6. Експериментально обґрунтована модель кліматично допустимого фонду часу роботи комбайна впродовж доби за загальноприйнятим критерієм дефіциту вологості повітря та наявності роси відображається теоретичним законом Гаусса з наступними статистичними характеристиками: оцінкою математичного сподівання $M[t_d]=14,5$ діб та оцінкою коефіцієнта варіації $V[t_n]=0.38$, що є основою як для планування роботи комбайна впродовж доби, так і проектування збиральної системи.

7. Експериментально обґрунтована модель кліматично допустимого часу початку роботи комбайна за критерієм дефіциту вологості повітря та наявності роси, що відображається теоретичним законом Гаусса ($M[t_{np}]=8,69$ діб, $V[t_{np}]=0.34$), а також кореляційні залежності є основою як для планування початку роботи комбайнів впродовж доби, так і статистичного імітаційного моделювання комбайнового збирання зернових у регіоні.

8. Обґрунтований на основі статистичного імітаційного моделювання розподіл організаційно відкоригованого фонду часу роботи комбайна впродовж доби за умови двохзмінного його використання з 9 години (3.19) дає змогу планувати середньодобову тривалість його роботи, яка становить 13,06 год., а також досліджувати показники ефективності збирального процесу як ймовірні величини.

9. Використання методики вартісного оцінення експлуатаційних витрат підприємства на виконання процесу механізованого збирання озимої пшениці прямим комбайнуванням дало змогу встановити витрати коштів на оплату праці тракториста, вартість паливо-мастильних матеріалів, відрахування на амортизацію та технічне обслуговування і ремонт машинних агрегатів. Отже, сумарна потреба у коштах для виконання даного механізованого процесу на площі 90 га становитиме – 359044,20 грн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. Москва: Наука, 1978. 351 с.
2. Водяницкий Г. П. Исследование и обоснование технологического процесса уборки льна-долгунца комбайнами в условиях Полесья Украинской ССР: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ, 1976. 26 с.
3. Воронов Ю. И., Ковальов А.Н. Сельскохозяйственные машины. Переработка и дополнение. Москва: Агропромиздат, 1990. 235с.
4. Гайдуцький П.І., Лобас М.Г. Відродження МТС. Київ: НВАТ Агроінком, 1997. 501 с.
5. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : [учеб. пос. для вузов] 6-е изд. Москва: Высш. шк., 1998. 479 с.
6. ГОСТ 11.006-75. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. [Дествителен от 01 июля 1976]. Изд-во стандартов. Москва, 1981. 32 с.
7. ГОСТ 11.007-75. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбулла. [Дествителен от 01 июля 1976]. Изд-во стандартов. Москва, 1980. 30 с.
8. Гряник Л. К. Охорона праці і пожежна безпека. Київ: Вища школа, 1994. 264 с.
9. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 10.09.2021).
10. Доля В. Т. Статистическое моделирование производственных систем и процессов : [учеб. пос.]. Київ: УМКВО, 1988. 140 с.
11. Дружинин В. В., Контров Д. С. Системотехника. Москва: Радио и связь, 1985. 200с.
12. Завалишин Ф.С., Мацнев М.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. Москва: Колос, 1982. 226 с.
13. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинотракторного парка.

Москва: Колос, 1982. 320 с.

14. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 272 с.

15. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільсько-господарських культур. Львів: НВФ „Українські технології”, 2002. 800 с.

16. Лубнин М. Г. Влияние агрометеорологических условий на работу сельскохозяйственных машин и орудий. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 119 с.

17. Мале Полісся: <https://uk.wikipedia.org/wiki> (дата звернення: 07.09.2021).

18. Марченко В. Методика визначення показників економічної ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку. *Збірник наук.пр. НАУ. Механізац. с.г. ви-ва.* Т.ХІV. 2003. С. 189–194.

19. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 11: Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. Ч. 1: *Основные агрометеорологические наблюдения.* Ленинград. : Гидрометеиздат, 1985. 320 с.

20. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / редкол. : М. В. Зубець (гол. редколегії) та ін. Київ: Урожай, 2004. 560 с.

21. Позняков Б. А., М. М. Ковалев Организационно-экономические аспекты технологизации льняного комплекса: монография. Тверь, 2006. 208 с.

22. Поллард Дж. Справочник по вычислительным методам статистики. Москва: Финансы и статистика, 1982. 344 с.

23. Про затвердження Методики обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин” постанова Кабінету міністрів України від 12 липня 2004 р. N 885.

24. Савин И.Г. Оптимальная продолжительность работы МТА в МТС. *Механиз. и электриф. с. х.* 2000. №12. С. 10–12.

25. Світове виробництво пшениці. URL: <https://www.yara.ua/> (дата звернення: 10.09.2021).
26. Сидорчук Л. Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур: дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2008. 180 с.
27. Сидорчук О. В., Сенчук С. Р. Інженерний менеджмент: системотехніка виробництва: навч. посіб. Львів: Львів. ДАУ, 2006. 127 с.
28. Сидорчук О. В., Сенчук С. Р., Кухарук О. В. Наукові основи інженерного менеджменту технічного сервісу рільництва. Львів: Львів. ДАУ, 2001. 172 с.
29. Сумарний обсяг імпорту та експорту у розрізі товарних позицій за кодами УКТЗЕД. URL: <http://sfs.gov.ua> (дата звернення: 10.09.2021).
30. Типові норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / В. В. Вітвіцький, І. М. Демчак, В. С. Пивовар та ін.. Київ: НДІ „Укragропромпродуктивність”, 2005. 544 с.
31. Финн Э.А., Обоснование состава машинно-тракторного парка в хозяйстве. Москва: Агропромиздат, 1985. 160 с.
32. Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. Москва: Статистика, 1980. 94 с.
33. Ціп Є. І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових: дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2002. 182 с.
34. Шарибура А. О. Чинники ефективності метеорологічно адаптованих технологій збирання льону-довгунця. *Вісник Львівського державного аграрного університету : агроінженерні дослідження*. 2006. № 10. С. 530–535.
35. Шпак Ю. А. Программирование в Turbo Pascal. Переход к Delphi. Киев; МК-Пресс, 2006. – 416 с.

ДОДАТКИ

Додаток А.

Таблиця А.1.

Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період (Вейбулла)

№	Униз	Уверх	Уі	М(і)	Рі	Уі*Рі	(Уі-Ус)^2*Рі	f(y)	Теоретична частість
1	54.0	62.8	58.4	3	0.086	5.007	63.682	0.00566553	0.050
2	62.8	71.7	67.3	3	0.086	5.764	29.095	0.00766185	0.068
3	71.7	80.5	76.1	2	0.057	4.348	5.256	0.01337073	0.118
4	80.5	89.3	84.9	12	0.343	29.114	0.197	0.03033235	0.268
5	89.3	98.2	93.8	10	0.286	26.786	18.636	0.03600538	0.318
6	98.2	107.0	102.6	5	0.143	14.655	40.847	0.01770810	0.156
				35	1	85.674	157.712		0.978

Закон *Нормальний скорегований*
розподілу - *многочленом*

Математичне сподівання	<i>M</i>	85.674	Число ступенів вільності	<i>r</i>	1
Дисперсія	<i>D</i>	157.712	Рівень значимості	<i>α</i>	0.100
Серед.-квадр. відхилення	<i>σ</i>	12.558	Хі-квадрат розрахункове	<i>X²</i>	3.049
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0.396	Хі-квадрат табличне	<i>(X*)²</i>	4.254
Параметр мірила	<i>a</i>	35.620	Коефіцієнт	<i>Kb</i>	0.889
Параметр форми	<i>b</i>	2.748	Коефіцієнт	<i>Cb</i>	0.353
			Коефіцієнт	<i>b/a</i>	0.077

Таблиця А.2

Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу кліматично допустимого фонду часу роботи комбайна

№	Униз	Уверх	У _і	М(і)	Р _і	У _і *Р _і	(У _і -У _с) ² *Р _і	f(y)	Теоретична частість
1	6,1	8,4	7,25	9	0,053	0,384	2,722	0,010	0,024
2	8,4	10,7	9,55	16	0,094	0,899	2,233	0,039	0,091
3	10,7	13	11,85	20	0,118	1,394	0,777	0,090	0,207
4	13	15,3	14,15	50	0,294	4,162	0,022	0,124	0,285
5	15,3	17,6	16,45	60	0,353	5,806	1,454	0,102	0,234
6	17,6	19,9	18,75	8	0,047	0,882	0,882	0,050	0,115
7	19,9	22,2	21,05	5	0,029	0,619	1,293	0,015	0,034
8	22,2	24,5	23,35	2	0,012	0,275	0,938	0,003	0,006
				170	1,000	14,421	10,320		0,996

Закон розподілу – *Нормальний*

Математичне сподівання	У _с	14,421	Число ступенів вільності	r	5,000
Дисперсія	D	10,320	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	3,212	Хі-квадрат розрахункове	X ²	8,447
Коефіцієнт варіації	v	0,386	Хі-квадрат табличнее	(X*) ²	9,236
Параметр мірила	a	9,337	Коефіцієнт	Kb	0,891
Параметр форми	b	2,833	Коефіцієнт	Cb	0,344
			Коефіцієнт	b/a	0,303

Таблиця А.3

Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу початку роботи комбайна в окрему добу

№	Униз	Уверх	У _і	М(і)	P _і	У _і *P _і	(У _і -У _с) ² *P _і	f(y)	Теоретична частість
1	0,6	2,6	1,6	2	0,012	0,019	0,599	0,006	0,012
2	2,6	4,6	3,6	11	0,065	0,236	1,700	0,027	0,054
3	4,6	6,6	5,6	17	0,101	0,567	0,969	0,077	0,155
4	6,6	8,6	7,6	54	0,321	2,443	0,386	0,132	0,264
5	8,6	10,6	9,6	51	0,304	2,914	0,249	0,135	0,270
6	10,6	12,6	11,6	20	0,119	1,381	1,004	0,083	0,166
7	12,6	14,6	13,6	8	0,048	0,648	1,146	0,031	0,062
8	14,6	16,6	15,6	3	0,018	0,279	0,851	0,007	0,014
9	16,6	18,6	17,6	2	0,012	0,210	0,944	0,001	0,002
				168	1	8,695	7,848		0,999

Закон розподілу - *Нормальний*

Математичне сподівання	У_с	8,695	Число ступенів вільності	r	6
Дисперсія	D	7,848	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	2,801	Хі-квадрат розрахункове	Х²	18,548
Коефіцієнт варіації	v	0,346	Хі-квадрат табличнее	(Х*)²	10,645
Параметр мірила	a	9,042	Коефіцієнт	Kb	0,895
Параметр форми	b	3,201	Коефіцієнт	Cb	0,310
			Коефіцієнт	b/a	0,354

Таблиця А.4

Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу фонду часу роботи комбайна впродовж доби

№	Униз	Уверх	У _і	М(і)	Р _і	У _і *Р _і	(У _і -У _с) ² *Р _і	f(y)	Теоретична частість
1	6,9	8,1	7,5	7	0,035	0,263	1,083	0,003	0,010
2	8,1	9,3	8,7	6	0,030	0,261	0,571	0,016	0,023
3	9,3	10,5	9,9	11	0,055	0,545	0,550	0,052	0,041
4	10,5	11,7	11,1	17	0,085	0,944	0,327	0,119	0,089
5	11,7	12,9	12,3	26	0,130	1,599	0,075	0,186	0,197
6	12,9	14,1	13,5	62	0,310	4,185	0,059	0,200	0,291
7	14,1	15,3	14,7	63	0,315	4,631	0,845	0,148	0,245
8	15,3	16,5	15,9	8	0,040	0,636	0,322	0,075	0,105
				200	1	13,062	3,833		1,002

Закон розподілу - *Лапласа-Шарльє*

Математичне сподівання	У _с	13,062	Число ступенів вільності	r	3
Дисперсія	D	3,833	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	1,958	Хі-квадрат розрахункове	Х ²	31,011
Коефіцієнт варіації	v	0,318	Хі-квадрат табличне	(Х*) ²	31,410
Параметр мірила	a	6,844	Коефіцієнт	Kb	0,899
Параметр форми	b	3,506	Коефіцієнт	Cb	0,286
			Коефіцієнт	b/a	0,512