

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „Дослідження природно дозволеного фонду часу на виконання
механізованих процесів обробітку ґрунту в умовах Малого Полісся
Львівщини”

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

Хусаїнов Андрій Анатолійович
(Прізвище та ініціали)

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

Рецензенти: _____
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

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

З А В Д А Н Н Я

на дипломну роботу студенту
Хусаїнову Андрію Анатолійовичу

1. Тема роботи: **„Дослідження природно дозволеного фонду часу на виконання механізованих процесів обробки ґрунту в умовах Малого Полісся Львівщини”**

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

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.12.2024 року.

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

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. Аналіз об'єкта проектування та завдання дослідження.

2. Науково-методичні засади дослідження ризику природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт.

3. Методика дослідження природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт.

4. Результати виробничих експериментів.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

6. Вартісне оцінення витрат на виконання робіт у механізованому процесі.
Висновки та пропозиції.

Бібліографічний список.

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

6. Консультанти розділів роботи:

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

7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання першого розділу</i>	<i>12.09.24-25.09.24</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Науково-методичні засади дослідження ризику природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт»</i>	<i>26.09.24-12.10.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Методика дослідження природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт»</i>	<i>13.10.24-25.10.24</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Результати виробничих експериментів»</i>	<i>26.10.24-12.11.24</i>	
5.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>13.11.24-20.11.24</i>	
6.	<i>Написання розділу: «Вартісне оцінення витрат на виконання робіт»</i>	<i>21.11.24-30.11.24</i>	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>1.12.24-10.12.24</i>	

Студент _____ Андрій ХУСАЇНОВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Андрій ШАРИБУРА

УДК: 658.51:631.3

Магістерська робота: 95 с. текст. част., 19 рис., 19 табл., 11 лист., 31 джерел.

Дослідження природно дозволеного фонду часу на виконання механізованих процесів обробітку ґрунту в умовах Малого Полісся Львівщини

Хусаїнов А.А. Кафедра АТС ім. проф. Олександра Семковича. Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Виокремлено мету, завдання, об'єкт, предмет дослідження та методи дослідження і наукову цінність виконаних досліджень. Проведено аналіз літературних джерел щодо методів і моделей обґрунтування показників природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт.

Проаналізовано головні групи чинників природно дозволеного фонду часу для підготовки ґрунту та сівби культур. Наведено науково-методичні засади формування термінів ґрунтообробно-посівних робіт впродовж весняно періоду. Проаналізовано причинно-наслідкові зв'язки між чинниками, що впливають на природно дозволений фонд часу ґрунтообробно-посівних робіт.

Розроблено метод кількісного оцінення тривалості природно дозволеного фонду часу для підготовки ґрунту та сівби культур у весняний період, виконано дослідження природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт та опрацьовано їх результати. Обґрунтовано розподіл тривалості природно-дозволеного фонду часу на виконання ґрунтообробно-посівних робіт під морозостійкі, холодостійкі і теплолюбні культури. Встановлено закономірність зміни тривалості природно-дозволеного фонду часу від часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період.

Здійснено кількісне оцінення мінливості природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт весняного періоду.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1. Аналіз стану виробництва сільськогосподарських культур у державі	9
1.2. Аналіз технологій та технічних засобів для підготовки ґрунту і сівби культур	12
1.3. Аналіз методів і моделей обґрунтування показників ефективності технічних засобів рільництва	17
Висновки до розділу 1	23
2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНО ДОЗВОЛЕНОГО ФОНДУ ЧАСУ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНИХ РОБІТ	25
2.1. Класифікація чинників ефективності механізованого процесу обробітку ґрунту	25
2.2. Агротехнічні вимоги до виконання ґрунтообробно-посівних робіт весняного періоду	29
2.3. Вплив агрометеорологічних умов на природно дозволений фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт	34
2.4. Функція мети узгодження виробничої програми із параметрами комплексу машин	36
Висновки до розділу 2	41
3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНО ДОЗВОЛЕНОГО ФОНДУ ЧАСУ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНИХ РОБІТ	42
3.1. Загальна програма досліджень	42
3.2. Методика збору та систематизації результатів спостережень метеорологічної станції.	42
3.3. Методика кореляційно-регресійного аналізу результатів експериментів	47

3.4. Методика визначення тривалості природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт у весняний період	55
3.5. Методика графоаналітичного моделювання процесу підготовки ґрунту та сівби	56
Висновки до розділу 3	59
4. РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ	60
4.1. Результати дослідження впливу агрометеорологічних умов весняного періоду на терміни виконання ґрунтообробно-посівних робіт	60
4.2. Результати дослідження закономірностей природно дозволеного фонду часу підготовки ґрунту та сівби культур	64
4.3. Результати дослідження природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт	66
Висновки до розділу 4	71
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72
5.1. Моделювання процесу виникнення травм та аварій	72
5.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм	74
5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	77
Висновки до розділу 5	79
6. КІЛЬКІСНЕ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНИХ РОБІТ ВЕСНЯНОГО ПЕРІОДУ	80
Висновки до розділу 6	89
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93
ДОДАТКИ	96

ВСТУП

На сьогодні більшість сільськогосподарських підприємств (СГП) України стикаються з проблемою зношеності та недостатнього оновлення технічного парку, особливо ґрунтообробного обладнання. Для регіону Малого Полісся Львівської області це призвело до скорочення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції. Виникла нагальна потреба у модернізації парку ґрунтообробної техніки на таких підприємствах.

Одним із ключових етапів розв'язання цієї проблеми є адаптація виробничої програми СГП до параметрів комплексу ґрунтообробно-посівних машин (КГПМ). Це завдання можливо виконати за умови точного прогнозування природно обґрунтованого фонду часу для проведення ґрунтообробно-посівних робіт, адже цей показник суттєво впливає на ефективність відповідних технологічних процесів.

Однак існуючі науково-методичні підходи характеризуються значною спрощеністю у врахуванні стохастичного характеру фонду часу. Зокрема, вони недостатньо враховують змінність сезонних умов виконання ґрунтообробних операцій і сівби, а також варіації часу початку, тривалості та завершення робіт. Урахування цих специфічних особливостей процесу обробітку ґрунту та сівби є важливою передумовою для оцінювання ефективності роботи КГПМ у сільськогосподарських підприємствах.

Мета роботи – дослідити показники ефективності процесу механізованої підготовки ґрунту та сівби культур для різних термінів початку весняного періоду на підставі графоаналітичної моделі цього процесу.

Завдання дослідження: 1) проаналізувати стан рільництва у державі; 2) проаналізувати тенденції розвитку сучасних технічних засобів для обробітку ґрунту та сівби культур; 3) обґрунтувати науково-методичні основи дослідження показників ефективності ґрунтообробно-посівного процесу; 4) розробити метод кількісного оцінення тривалості природно дозволеного фонду часу для підготовки ґрунту та сівби культур у весняний період; 5) дослідити флуктуації показників ефективності ґрунтообробно-

посівного процесу.

Об'єкти дослідження – комплекс ґрунтообробно-посівних машин, виробничий процес підготовки ґрунту у весняний період.

Предмет дослідження – агрометеорологічні умови весняного періоду, стан ґрунту, тривалість природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт у весняний період.

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

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше отримано залежність тривалості природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт від часу початку фізичної стиглості ґрунту виходячи із результатів спостережень Яворівської метеорологічної (Львівська обл.) станції за атмосферними явищами та станом ґрунту; вперше для заданих виробничих умов та параметрів комплексу машин отримано залежність показників ефективності ґрунтообробно-посівного процесу від часу початку польових робіт у весняний період.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати дають змогу оцінити ступінь узгодження характеристик виробничої програми СГП із параметрами КГПМ для умов весняного періоду.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз стану виробництва сільськогосподарських культур у державі

Проведений аналіз ситуації у сфері виробництва сільськогосподарських культур в Україні свідчить про певну позитивну тенденцію зростання обсягів вирощування основних видів продукції у порівнянні з останнім роком. Однак, дані показники є значно меншими ніж на повномасштабного вторгнення [7].

Таблиця 1.1 – Виробництво основних сільськогосподарських культур станом на 1 жовтня 2024 року

Region	Зернові та зернобобові культури (у початково оприбуткованій вазі)		Цукрові буряки (фабричні)		Насіння соняшнику (у початково оприбуткованій вазі)		Картопля		Овочі відкритого ґрунту	
	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Україна	36626,1	167,58	1841,8	46,62	1533,9	63,03	17120,4	110,19	4625,5	120,51
Автономна Республіка Крим	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Області										
Вінницька	2618,4	190,2	274,8	50,9	23,9	28,0	1491,9	117,2	259,1	136,8
Волинська	700,5	121,9	4,8	10,3	—	—	881,1	101,4	107,7	98,6
Дніпропетровська	3243,2	215,3	4,9	17,3	334,6	82,5	555,0	152,1	338,0	107,3
Донецька	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Житомирська	819,7	136,1	41,2	29,4	0,7	46,8	1043,4	102,1	160,9	115,3
Закарпатська	253,0	113,7	—	—	1,4	116,7	570,6	100,6	203,1	115,9
Запорізька	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
І.-Франківська	302,5	107,9	3,8	12,7	0,1	17,2	496,2	65,3	72,5	88,7
Київська	1973,4	144,0	108,9	28,8	16,8	56,9	1453,8	106,7	283,0	102,3

Продовження табл.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кіровоградська	2408,1	217,9	140,5	199,8	186,7	88,4	476,5	159,6	198,2	151,0
Луганська	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Львівська	694,6	116,8	63,3	37,2	—	—	1262,9	86,3	230,0	120,5
Миколаївська	2418,4	371,3	—	—	179,9	138,3	179,3	172,1	190,1	178,9
Одеська	3497,8	273,4	—	—	134,9	143,0	199,4	196,5	413,8	221,3
Полтавська	2912,1	141,5	423,8	78,1	167,2	58,4	902,0	101,2	296,1	88,4
Рівненська	691,8	125,5	76,3	33,4	—	—	996,6	94,7	113,4	128,1
Сумська	1780,7	158,7	87,7	194,7	25,9	61,7	894,6	85,4	102,8	94,8
Тернопільська	1360,0	131,8	217,1	43,0	0,2	19,1	609,7	69,2	107,6	109,8
Харківська	3388,7	176,1	141,9	66,9	196,8	73,5	852,6	75,0	379,0	88,4
Херсонська	2052,4	264,4	—	—	162,6	189,6	232,2	118,1	501,0	144,4
Хмельницька	1548,2	140,6	81,8	24,3	0,2	4,7	1257,0	88,1	147,6	100,2
Черкаська	2150,6	159,6	121,9	38,1	92,7	74,6	831,3	134,0	217,9	132,4
Чернівецька	302,2	89,2	21,1	90,3	4,2	73,4	461,0	95,7	139,8	102,5
Чернігівська	1509,8	123,2	28,0	23,8	5,1	50,8	1473,3	92,7	163,9	105,1

Валовий збір основних сільськогосподарських культур також має певну позитивну динаміку у порівнянні із 2023 роком (табл. 1.1) [7].

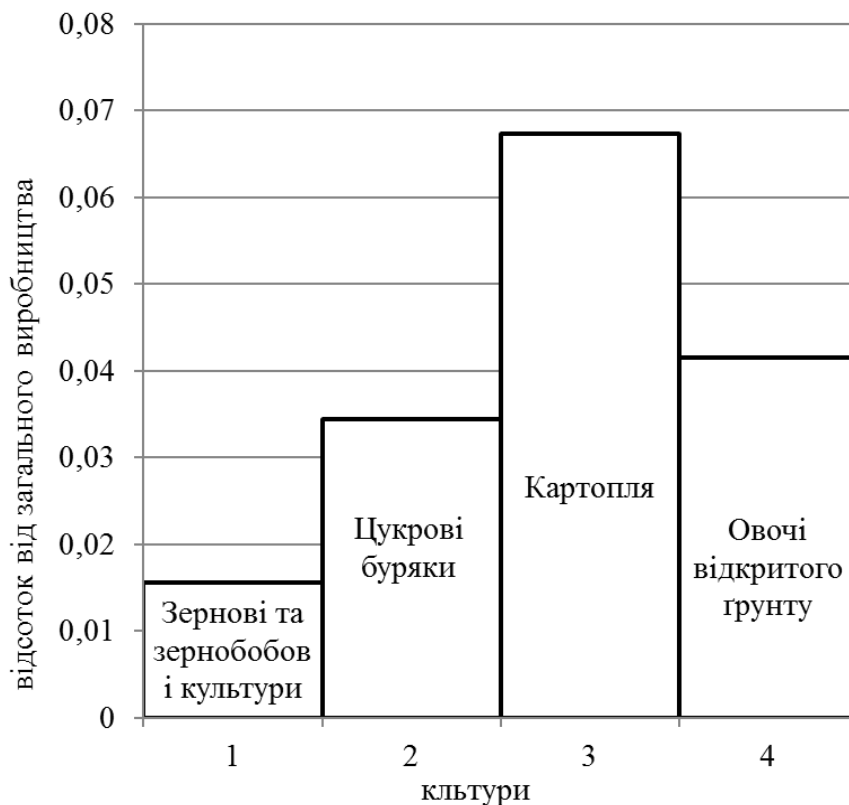


Рисунок 1.1 – Частка виробництва сільськогосподарських культур підприємствами Львівської області в загальнодержавному обсязі

Таблиця 1.2 – Валовий збір основних сільськогосподарських культур станом на 1 листопада 2024 року [7]

	Зернові та зернобобові культури (у початково оприбуткованій вазі)		Цукрові буряки (фабричні)		Насіння соняшнику (у початково оприбуткованій вазі)		Картопля		Овочі відкритого ґрунту	
	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.	тис. т	у % до відповідної дати 2023р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Україна	24913,1	97,90	15151,5	62,35	2785,9	76,12	17619	94,92	5225,9	88,34
Автономна Республіка Крим	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
області										
Вінницька	1669,7	82,1	2425,4	97,5	106,7	86,5	1137,4	82,1	229,3	72,8
Волинська	603,5	108,2	635,7	90,2	0,4	у 2,3р.б.	899,2	105,4	276,2	125,0
Дніпропетровська	1708,6	64,5	149,2	31,1	641,1	80,6	379,9	65,5	382,7	88,3
Донецька	1237,6	72,5	17,1	42,4	516,2	89,2	620,6	88,1	432,7	85,5
Житомирська	739,5	108,9	608,2	80,6	3,6	116,7	1036,7	104,5	184,4	86,4
Закарпатська	298,7	104,9	—	—	2,5	96,6	575,4	102,8	222,3	102,4
Запорізька	1281,3	71,4	4,1	9,9	529,7	66,4	118,4	34,4	225,8	77,6
Івано-Франківська	305,1	101,9	100,8	64,8	0,4	у 2,1р.б.	775,0	104,5	116,8	97,7
Київська	1819,8	102,9	1535,0	78,4	43,7	92,6	1388,9	107,4	386,5	97,5
Кіровоградська	1287,0	53,8	347,5	32,6	388,9	75,6	298,7	59,7	160,2	64,1
Луганська	828,2	94,3	10,2	56,0	423,4	115,1	509,2	84,5	224,8	66,9
Львівська	649,1	103,9	615,3	93,4	—	—	1500,9	102,1	361,5	100,0
Миколаївська	666,6	33,4	47,9	18,2	234,0	47,6	105,0	51,1	129,5	46,7
Одеська	1302,6	45,4	54,7	27,4	115,1	30,1	109,7	36,9	216,6	42,5
Полтавська	2728,2	123,4	1809,4	88,5	352,9	115,2	891,4	96,2	397,8	97,7
Рівненська	595,0	116,3	879,5	120,6	—	—	1054,4	100,9	162,5	90,2
Сумська	1268,5	139,6	384,9	48,2	57,6	156,1	1049,3	134,2	140,9	71,3
Тернопільська	1167,7	122,8	1827,8	94,4	3,3	133,2	888,4	110,2	150,3	104,8

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Харківська	2219,3	125,4	993,7	69,2	512,7	137,5	1144,7	119,5	517,1	103,5
Херсонська	826,4	54,1	0,3	1,3	138,0	37,9	206,4	93,1	421,2	79,1
Хмельницька	1270,8	125,4	1174,8	88,3	6,9	141,7	1432,2	124,2	192,5	93,5
Черкаська	1821,9	95,5	1048,7	61,7	158,7	88,7	624,7	69,7	203,1	69,1
Чернівецька	416,5	109,0	99,2	62,5	5,8	72,5	510,7	114,4	189,8	121,3
Чернігівська	1548,6	134,4	413,5	60,4	13,6	89,4	1610,0	108,9	184,7	101,3

Як свідчать дані таблиць, стан виробництва сільськогосподарських культур в Україні та у Львівській області залишається складним. Водночас спостерігається збільшення обсягів вирощування зернових і зернобобових культур, а також овочів, вирощених у відкритому ґрунті.

1.2. Аналіз технологій та технічних засобів для підготовки ґрунту і сівби культур

З метою вирощування зернових культур необхідно сконцентрувати зусилля на зяблевому обробітку ґрунту. У разі посіву ярих зернових після таких попередників, як картопля, цукрові або кормові буряки, після їх збирання проводиться оранка. Після кукурудзи для подрібнення рослинних решток використовують важкі борони, а потім виконують оранку. Якщо ярі зернові висівають після зернобобових культур, однорічних трав, льону-довгунцю або зернових, одразу після їх збирання здійснюють лушення [9, 17, 19].

Сівба проводиться рядковим або вузькорядним способом. Через відсутність осіннього періоду кущіння у ярих зернових їх коефіцієнт кущіння нижчий порівняно з озимими, що зумовлює підвищену норму висіву. Відповідно до багаторічних спостережень, оптимальні строки сівби ярих зернових припадають на кінець березня – початок квітня.

Основна мета передпосівного обробітку ґрунту полягає у збереженні вологи, очищенні поля від бур'янів та створенні сприятливих умов для проростання насіння і своєчасної появи сходів [2, 9, 17, 19].

Кукурудзу висівають пунктирним способом із міжряддями 70 см за допомогою сівалок. У разі підвищеної норми висіву в умовах достатньої зволоженості при вирощуванні кукурудзи на силос ширину міжрядь можна зменшити до 50–45 см, що сприяє рівномірному розміщенню рослин на площі.

Цукровий буряк формує основну частину врожаю в ґрунті й є досить вимогливим до стану орного шару. Тому своєчасний та якісний обробіток ґрунту відіграє ключову роль у забезпеченні високої врожайності коренеплодів.

Основний обробіток ґрунту має забезпечити знищення бур'янів, накопичення та збереження вологи, а також створення оптимальних агрофізичних умов для росту рослин. Важливо також якісно заробити рослинні рештки, солому і внесені добрива.

Передпосівний обробіток ґрунту та сівба утворюють єдиний технологічний комплекс, у якому часовий розрив між цими етапами повинен бути мінімальним – не більше 30 хвилин. Якщо сівбу проводять із затримкою, верхній шар ґрунту пересихає, що суттєво знижує польову схожість насіння.

Основна мета передпосівного обробітку ґрунту — розпушення зони загортання насіння із збереженням структури орного шару, сформованої взимку. Верхній шар ґрунту розпушують на глибину 2–3 см, оскільки перевищення допустимих коливань глибини може негативно вплинути на сходи. Насінневе ложе має бути ущільненим, щоб забезпечити капілярний підйом вологи до насіння [2, 9, 17, 19].

Основним способом сівби є пунктирний метод із шириною міжрядь 45 см, а в умовах зрошення — 60 см. Дуже важливо дотримуватись

прямолинійності під час сівби. Норма висіву залежить від погодних умов, типу ґрунту, окультуреності полів та посівних якостей насіння.

Ґрунт ущільнюється котками сівалки, але в деяких випадках поле додатково коткують, якщо:

1. під час сівби ґрунт був надмірно розпушений, і після проходу сівалки утворилися жолобки;
2. ґрунт має грудочкувату структуру;
3. сівбу проводять у пересушений ґрунт пізніх строків.

Ефективність коткування забезпечується лише тоді, коли його виконують одразу після сівби. У подальшому догляд за посівами може здійснюватися двома способами [2, 9, 17, 19, 22]:

- Агротехнічний – із застосуванням механічного розпушування ґрунту.
- Хімічний – із використанням гербіцидів.

Існують різні варіанти сівби, які враховують:

- Висів насіння на заданій відстані, щоб забезпечити розрахункову кількість рослин.
- Висів 8–10 насінин для досягнення оптимальної густоти сходів.
- Сівбу із збільшеною нормою насіння для отримання необхідної кількості сходів.

Вітчизняна та закордонна техніка, що найчастіше застосовується для ґрунтообробно-посівних робіт, наведена у таблиці 1.3.

Використання сучасних агрегатів дозволяє ефективно завантажувати енергозасоби класу 3 або 1,4, використовуючи частину їхньої потужності через вал відбору потужності (ВВП), та забезпечує збереження до 20% вологи в посівному шарі ґрунту.

Поєднання кількох технологічних операцій за допомогою агрегату АПП-6 на чистих від бур'янів полях із щільністю ґрунту 0,9–1,3 г/см³ по необробленому агрофону дозволяє скоротити кількість проходів полем у 5–6 разів та зменшити час виконання сівби на 30%.

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика ґрунтообробно-посівних агрегатів.

Показник, одиниця виміру	Склад агрегату		
	АМО-3,6+СЗ-3,6	АКПК-4 (КВФ-4+СУПН-6)	АПП-4
Ширина захвату, м	3,0	4,2	6
Глибина обробітку, см	3...8	4...8	4...8
Швидкість, км/год.	6...9	5...6	6...9
Продуктивність, га/год.	1,5...2,3	1,8...2,2	1,6...2,5
Маса, кг	3820	2860	5500
Агрегатується тракторами класу ³	3	3	3

Цей багатофункціональний агрегат може ефективно використовуватися на 10–15% посівних площ Лісостепової зони України. Однак на полях із високим рівнем забур'яненості технологія прямого посіву потребує додаткових витрат на пестициди, що збільшує витрати до 30%. Застосування нульового або мінімального обробітку ґрунту при сівбі просапних культур такими комплексами призводить до зниження врожайності на 25–30%, тому така технологія не рекомендована для Лісостепу.

Серед імпорتنих аналогів добре зарекомендували себе агрегати таких фірм, як Horsch, Flexi-Coil, Amazone, Vogel & Noot, Kverneland та інші.

Сівалка точного висіву John Deere 2126 дозволяє здійснювати посів як за умов мінімального обробітку ґрунту, так і за технологією No-Till. Ця модель є 16-рядковою та має ширину захвату 11,2 м.



Рисунок 1.2 – Сівалка точного висіву John Deere 2126

Сівалки точного висіву серії John Deere DB оснащені боковими секціями рами, які можуть відхилитися вгору або вниз до 15 градусів відносно центральної секції, що забезпечує адаптацію до рельєфу поля. Завдяки вакуумній системі висіву вони ідеально підходять для посіву кукурудзи, соняшника, сої та сорго. Сівбу можна виконувати як за класичною технологією обробітку ґрунту, так і за мінімальною.

Модель John Deere DB44 є 24-рядковою сівалкою з міжряддям 70 см, яка розроблена для посіву цукрового буряку. Висока точність норми висіву та контроль глибини загортання насіння сприяють підвищенню ефективності роботи та рентабельності.



Рисунок 1.3 – Сівалка точного висіву John Deere серії DB

Модель John Deere DB80, яка є 32-рядковою сівалкою з міжряддям 70 см, вважається найбільшою та найпродуктивнішою сівалкою у світі.



Рисунок 1.4 – Сівалка точного висіву John Deere серії DB

Пневматичні сівалки точного висіву John Deere моделей 1710 та 1780 призначені для висіву кукурудзи, соняшнику та сої різних фракцій. На території України ці моделі почали використовуватися з другої половини 1990-х років, зарекомендувавши себе як надійні, прості в обслуговуванні та швидкоокупні машини. Усі комплектуючі виготовлені з високоякісних матеріалів, які мають підвищену стійкість до корозії, значних навантажень і зносу.

1.3. Аналіз методів і моделей обґрунтування показників ефективності технічних засобів рільництва

Найпростіший аналітичний підхід до розв'язання задачі визначення необхідної кількості тракторів і сільськогосподарських машин для заданого обсягу механізованих робіт на різних культурах був запропонований Б. С.

Свірщевським. Цей метод базується на використанні графіків машиновикористання. Розрахунок потрібної кількості машинних агрегатів для виконання кожної технологічної операції здійснюється за відповідною формулою [9, 17, 19].

$$n \geq \frac{S}{W \cdot t \cdot D}, \quad (1.1)$$

де S – обсяг робіт (площа); t – тривалість роботи в добу, год.; D – допустима тривалість виконання операції, діб; W – годинна продуктивність агрегату.

Необхідну кількість тракторів визначають за допомогою графіка машиновикористання, для оптимізації якого пропонується коригувати послідовність виконання окремих робіт залежно від агрегатів, що використовуються. Проте такі методи базуються на припущеннях, які значною мірою спрощують реальні процеси. Зокрема, механізовані роботи розглядаються як детермінована система з фіксованою "допустимою" тривалістю виконання операцій.

Загальний підхід до оптимізації складу агрегатів розроблений Ю. К. Кіртбаєм [14]. В обґрунтуванні оптимального агрегату передбачається, що швидкість його руху може бути заданою або розрахованою на основі технічних параметрів трактора та ширини сільськогосподарської машини. Розроблений метод дозволяє визначити оптимальний склад агрегату для кожного виду технологічних операцій з урахуванням умов їх виконання.

Ці моделі є ефективним інструментом для досліджень у випадках, коли системи є простими та замкнутими. Детерміновані аналітичні методи забезпечують орієнтовні результати з невисокою точністю, що робить їх зручними для інженерних розрахунків. Проте для складних систем, де оптимізація машинних агрегатів є лише частиною дослідження, їх точність виявляється недостатньою.

Деякі дослідники пропонують використовувати модель підприємства, сформовану як задачу змішаного цілочисельного програмування, для

обґрунтування оптимального парку техніки. Така модель враховує наявні ресурси підприємства, можливості вирощування різних культур, розвиток окремих галузей тощо. Цільова функція моделі спрямована на максимізацію чистого прибутку. На основі цієї моделі можна визначити:

- необхідність доукомплектування технікою;
- оптимальні параметри машин;
- можливості збільшення прибутку через найм чи звільнення працівників;
- впровадження інтенсивних технологій;
- вплив надійності техніки на чистий прибуток підприємства.

Л.В. Канторович [14] пропонує застосовувати евристичні методи для оптимізації парку машин, орієнтуючись на типові сільськогосподарські підприємства (СГП). Формування параметрів системи машин рекомендується здійснювати на основі експертних оцінок ефективності нових технічних засобів та автоматизованих розрахунків, адаптованих до типових СГП, зон і галузі загалом.

В.А. Кушніров та Е.А. Фінн [14] розширили підхід, додавши до моделі системи машин підмоделі, які дозволяють прогнозувати розвиток параметрів окремих машин.

Інший підхід представлений у роботі І.А. Лазарєва [14], де проектування системи машин базується на оптимізації процесу виконання технологічних операцій, які задовольняють потреби підприємства. Кожен процес розглядається як граф послідовних етапів перетворення об'єкта праці, що дозволяє знаходити оптимальний варіант із мінімальним значенням сумарного показника оцінки.

Більшість розглянутих методів розроблені на основі значних спрощень і надають лише наближені результати. Вони недостатньо враховують сезонну мінливість агрометеорологічних умов, яка впливає на інтенсивність механізованого обробітку ґрунту та сівби.

В.Д. Саклаков і В.П. Сергеев [14] пропонують визначати агротехнічно оптимальні терміни виконання механізованих робіт у два етапи:

1. Обґрунтування початку робіт.
2. Техніко-економічне обґрунтування тривалості робіт.

Економічно доцільна тривалість роботи машини на полі визначається як така, що забезпечує мінімізацію сумарних витрат на одиницю виконуваної роботи:

$$P = U_1 + U_2 + P_y, \quad (1.2)$$

де P – сумарні затрати на виконання роботи агрегатом та втрати підприємства через недобір врожаю, грн/га; P_y – втрати через недобір врожаю, грн/га; U_2 – пропорційні технологічні затрати (паливо, зарплата, ремонти, технічне обслуговування тощо), грн/га; U_1 – затрати на реновацію техніки, грн/га.

Втрати підприємства, спричинені недобором врожаю, розраховуються за наступною формулою:

$$P_y = K_{\Pi} \times U \times C_{\Pi} \times D_P, \quad (1.3)$$

де K_{Π} – коефіцієнт, що враховує втрати врожаю через перевищення оптимальної тривалості роботи на 1 добу; C_{Π} – закупівельна ціна продукту, грн/ц; U – врожайність культури, ц/га; D_P – оптимальна тривалість виконання даної роботи, діб.

Автори [14], шляхом перетворення нескладних виразів, запропонували залежність, яка дозволяє визначити економічно доцільну тривалість роботи:

$$D_P^{opt} = \sqrt{\frac{C_{\delta} \times \alpha \times \gamma}{100 \times K_{\Pi} \times U \times C_{\Pi} \times W_{\text{дн}}}}. \quad (1.4)$$

Обсяги втрат біологічного врожаю сільськогосподарських культур значною мірою залежать від тривалості підготовки ґрунту та виконання механізованої сівби. Обґрунтування строків початку підготовки ґрунту та сівби, а також їх впливу на врожайність досліджували багато науковців, зокрема Е.С. Уланова, А.Н. Деревянко, Л.К. Пятовська [14] та інші.

На думку таких вчених, як Ю.К. Кіртбая, І.Л. Чабаненко, В.Д. Саклаков і А.Т. Табашніков [14], поточна врожайність сільськогосподарської культури на полі може бути описана рівнянням наступного вигляду:

$$U_i = AD_i^2 + BD_i + U_o, \quad (1.5)$$

де A, B, U_o – параметри рівнянь, які мають розмірності відповідно $\frac{ц}{га \times день^2}$, $\frac{ц}{га \times день}$, $\frac{ц}{га}$; D_i – тривалість роботи на полі, діб.

Розглянуті методи та моделі мають низку недоліків, характерних для детермінованих систем. Вони не враховують впливу агрометеорологічних умов і стохастичної природи термінів початку, тривалості та завершення ґрунтообробно-посівних робіт. Також ці моделі не враховують розміри полів і структуру посівних площ сільськогосподарських культур у загальній площі підприємства, що може суттєво впливати на результати розрахунків.

Застосування програмного забезпечення для моделювання механізованого обробітку ґрунту на ЕОМ потребує значного вдосконалення, оскільки існуючі програми не враховують:

1. Імовірнісний вплив агрометеорологічних умов на ґрунтообробно-посівний процес.
2. Імовірнісну тривалість природно допустимого фонду часу для виконання механізованих робіт.

М.К. Діденком, В.Д. Гречкосієм та І.І. Мельником [14] була розроблена математична модель, яка дозволяє оптимізувати комплекс машин залежно від обсягів вирощування сільськогосподарських культур на підприємстві.

Основою цього методу є визначення такого обсягу площ, за якого приведені витрати та витрати праці на механізовані операції значно знижуються і набувають мінімальних і стабільних значень. На основі цього підходу С.М. Бондар [3] обґрунтував обсяги основного обробітку ґрунту в системі змодельованої сівозміни.

Застосування цього методу дає змогу вирішити завдання обґрунтування складу машинних комплексів і структури машинного парку в системному взаємозв'язку: технологія – машинні агрегати – комплекси машин – машинно-тракторний парк – машинно-технологічні станції. Проте метод має низку недоліків, основними з яких є:

1. Розроблені моделі дозволяють визначити лише межі раціональних обсягів основного обробітку ґрунту для окремих комплексів машин.
2. Не враховуються агрометеорологічні умови, а також стохастичність термінів виконання ґрунтообробно-посівних робіт на полі.

Досліджуючи механізовані процеси рільництва, багато вчених доходять висновку, що детерміновані моделі недостатньо точно відображають ці процеси. Вони підкреслюють необхідність урахування імовірнісного характеру факторів, які впливають на виконання технологічних операцій у полі. Через складність точного опису технологічних процесів детермінованими моделями, широко застосовуються методи імітаційного моделювання [3, 14].

У дослідженні Є.І. Ціпа використано статистичне імітаційне моделювання механізованого процесу збирання ранніх зернових культур із врахуванням таких чинників, як стохастичність часу досягання сільськогосподарських культур, поява погожих та непогожих періодів, а також добова продуктивність комбайна. Технологічна ефективність використання комбайна обґрунтовується через питомі сукупні витрати підприємства, які включають питомі втрати через несвоєчасність збиральних робіт та питомі зведені витрати. Вартісна оцінка втрат через несвоєчасність робіт базується на обсягах несвоєчасно зібраних площ [31].

Чинні науково-методичні підходи та моделі для дослідження механізованих процесів рільництва, на жаль, не враховують сукупного впливу ключових груп факторів, які визначають ефективність ґрунтообробно-посівного процесу. Особливістю цього процесу є те, що підготовка ґрунту та сівба холодостійких культур виконуються протягом весняного періоду, який характеризується стохастичністю природно-дозволеного фонду часу для польових робіт.

Врахування цих особливостей є основою для розробки адекватних імітаційних моделей, які дозволяють визначити об'єктивні показники ефективності використання комплексів машин.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз виробництва основних сільськогосподарських культур України, зокрема Львівської області, про певну позитивну тенденцію зростання обсягів вирощування основних видів продукції у порівнянні з останнім роком. Однак, дані показники є значно меншими ніж на повномаштабного втручання. Для збереження цього темпу необхідно приділити особливу увагу ґрунтообробним і посівним роботам, адже затримки у їх виконанні можуть призвести до значних втрат врожаю.

2. Використання сучасних машинних агрегатів і технічних засобів дозволяє ефективно вирішувати поставлені завдання. Новітні посівні та комбіновані агрегати забезпечують якісніше виконання посівних робіт порівняно з попередніми моделями. Це дозволяє обробляти більші площі без необхідності збільшення кількості техніки, що сприяє розширенню посівних площ без змін у складі машинного парку.

3. Аналіз чинних методів і моделей дослідження механізованих процесів дозволяє виділити окремі методичні аспекти щодо визначення строків початку та економічно доцільної тривалості роботи машинних агрегатів, оптимального складу машинно-тракторного парку, необхідної

кількості техніки для обробки певної площі ріллі, а також оптимізації технологічних комплексів сільськогосподарських підприємств. Проте ці методи мають певні недоліки, які обмежують можливість об'єктивного обґрунтування параметрів комплексу ґрунтообробних машин відповідно до виробничої програми підприємства.

4. Основні недоліки існуючих методів і моделей полягають у тому, що вони не враховують сукупну дію ключових чинників ефективності механізованого обробітку ґрунту, системні особливості виникнення головних подій і явищ процесу, причинно-наслідкові зв'язки під час весняного періоду ґрунтообробних робіт, а також специфіку формування потоку вимог до виконання сезонного комплексу технологічних операцій. Крім того, ці методи не враховують імовірнісний характер термінів початку, тривалості та завершення підготовки ґрунту, а також вплив агрометеорологічних умов на процес механізованого обробітку.

2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНО ДОЗВОЛЕНОГО ФОНДУ ЧАСУ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНИХ РОБІТ

2.1. Класифікація чинників ефективності механізованого процесу обробітку ґрунту

Ефективність використання (E) окремого комплексу машин залежить від сукупної дії множини факторів процесу, які можна класифікувати за наступними групами:

- агрометеорологічних (A_m);
- природно-рельєфних (Pr);
- агрофонових (A_f);
- технічних (T_n);
- технологічних (T_l);
- організаційно-тактичних (O_m);
- організаційно-стратегічних (O_c).

$$E = f(A_m, Pr, A_f, T_l, T_n, O_c, O_m). \quad (2.1)$$

Агрометеорологічний чинник – вплив атмосферного середовища на земну поверхню, що включає такі явища, як вологість повітря, вітер, хмарність, опади (дощ, град, роса тощо), заморозки. Агрометеорологічні умови визначають можливість або неможливість роботи машинних агрегатів у полі. Наприклад, дощі, викликані агрометеорологічними умовами, призводять до перезволоження ґрунту чи рослинності, що унеможливорює подальше виконання технологічних операцій. Водночас прогрівання повітря, дія вітру та інші фактори сприяють випаровуванню надлишкової вологи, відновлюючи умови для продовження робіт.

Агрофоновий чинник – стан ґрунту та рослинності (наземної й підземної частини) у полі під час виконання ґрунтообробних операцій. Ґрунт характеризується типом, ступенем окультуреності (товщина орного шару,

наявність поживних речовин), агрофізичними властивостями (загальними та фізико-механічними). Особливості дії агрофонового чинника варіюються залежно від механічного складу ґрунту, наявності рослинних решток, структури ґрунту, рівня його вологості тощо. Вихідний стан агрофону формується в результаті попередніх механізованих робіт на полі. У процесі виконання чергової технологічної операції агрофон змінюється, створюючи вихідний стан для наступного етапу робіт.

Природно-рельєфний базис – характеристики поля, включаючи його площу, конфігурацію та рельєф. До основних параметрів відносять ухил поля, довжину гону, густоту культур, наявність бур'янів тощо. Врахування цього чинника необхідне, оскільки такі параметри, як ухил, довжина гону, конфігурація поля, наявність ярів або перешкод, безпосередньо впливають на тривалість виконання технологічних операцій і продуктивність техніки.

Предметний базис об'єднує природно-рельєфний та агрофоновий чинники, які визначають умови роботи техніки в полі.

Технологічний чинник – характеристики технології виконання процесу механізованого вирощування культури. Технологія являє собою науково обґрунтований підхід до перетворення предмета праці з одного якісного стану в інший. Вона включає зміст, терміни, послідовність виконання операцій, а також ефективність її застосування. Вибір технології визначається типом ґрунту, попередниками, а також наявністю технічних засобів у сільськогосподарському підприємстві, необхідних для її реалізації.

Технічний чинник – це характеристики конкретної машини або машинного агрегату, який складається з трактора та сільськогосподарського знаряддя. Він включає склад агрегату, ширину захвату, потужність двигуна, надійність, кількість одночасно виконуваних операцій тощо. Ефективність виконання технологічних операцій окремою машиною значною мірою залежить від предметних чинників (агрофону та природно-рельєфних умов) і агрометеорологічних умов у період виконання робіт, що обумовлює імовірнісну природу показників її роботи.

Також важливо виділити суб'єктивну складову механізованого процесу вирощування культур, яка належить до організаційної групи чинників і поділяється на:

1. *Організаційно-стратегічні чинники.* Ці чинники є суб'єктивно обґрунтованими заходами, які розробляє керівник підприємства на основі своєї компетенції та професійності. Вони спрямовані на розробку стратегій розвитку сільськогосподарського підприємства (СГП) з урахуванням зовнішніх і внутрішніх умов господарювання:

- Зовнішні умови: соціальні, правові, фінансові, ринково-кон'юнктурні, інформаційні та інші чинники, які не мають прямого впливу на механізоване вирощування культур.
- Внутрішні умови: стан підприємства, його ресурсне забезпечення, наявність техніки, фінансова спроможність виконувати кредити, орендувати техніку, змінювати структуру посівних площ, а також рівень фахівців.

2. *Організаційно-тактичні чинники.* Це суб'єктивно обґрунтовані дії тракториста або іншого оператора техніки під час виконання робіт у полі, які залежать від конкретної ситуації. Вони включають вибір способу руху, розвороту, регулювання швидкості руху тощо. Ці дії безпосередньо впливають на продуктивність машинно-тракторного агрегату (МТА) і якість виконання операцій.

Класифікація чинників за можливістю управління:

- Керовані чинники: ті, що підлягають прямому контролю та зміні (наприклад, вибір техніки, спосіб виконання роботи).
- Некеровані чинники: ті, що не залежать від учасників процесу (наприклад, погодні умови).
- Частково керовані чинники: ті, що можуть бути лише частково змінені (наприклад, терміни виконання робіт у межах доступних погожих періодів).

Детальна класифікація чинників подана в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз чинників ефективності механізованих процесів обробітку ґрунту [25, 27]

№ з/п	Чинники	Характеристики	Керованість
1	Агрометеорологічний	Заморозки, опади, вологість повітря, рух атмосферних фронтів тощо	–
2	Агрофоновий	Тип ґрунту, його фізико-механічні властивості, наземні і підземні рослини тощо	±
3	Природно-рельєфний	Конфігурація, ухил, площа поля тощо.	±
4	Технологічний	Технологія що використовується для вирощування культури, набір технологічних операцій тощо.	+
5	Технічний	Машинно-тракторний агрегат із технічними характеристиками тощо.	+
6	Організаційно-стратегічний	Спеціалізація господарства, структура посівних площ тощо.	+
7	Організаційно-тактичний	Ситуаційні дії тракториста, керівника, вибір способу руху агрегату, його швидкості тощо.	+

До керованих чинників відносять технологічний, технічний та організаційний чинники (як стратегічний, так і тактичний). До некерованих чинників належать агрокосмічний та агрометеорологічний чинники.

Частково керованим чинником виступає предметний базис, який включає природно-рельєфний та агрофоновий чинники. Їхня некерованість зумовлена природним походженням таких характеристик, як ухил поля, тип ґрунту, вологість рослин, полеглість культур тощо. Водночас керованість визначається можливістю впливу людини на конфігурацію та розміри полів, структуру посівів тощо.

Формалізація сукупного впливу цих груп чинників на процес механізованого вирощування картоплі дозволяє об'єктивно визначити показники ефективності використання виробничо-технічних ресурсів сільськогосподарського підприємства.

2.2. Агротехнічні вимоги до виконання ґрунтообробно-посівних робіт весняного періоду

Система передпосівного обробітку ґрунту під ярі культури – це комплекс заходів поверхневого та мілкового обробітку ґрунту, що проводиться від початку весняних польових робіт до моменту сівби або садіння сільськогосподарських культур.

Одне з головних завдань передпосівного обробітку ґрунту під ярі культури – збереження та раціональне використання вологи. Паралельно необхідно очищати поле від пророслих бур'янів, сприяти накопиченню в ґрунті легкодоступних для рослин поживних речовин, а також вирівнювати поверхню поля для рівномірного загортання насіння, що забезпечить дружні та повноцінні сходи.

Система весняного передпосівного обробітку ґрунту включає два основних етапи:

1. Ранньовесняне розпушування та вирівнювання ґрунту (закриття вологи).
2. Передпосівна культивация.

Передпосівний обробіток має свої особливості та виконується диференційовано залежно від конкретних умов і вимог культур.

Ранньовесняне розпушування та вирівнювання ґрунту (закриття вологи)

Основна мета ранньовесняного розпушування полягає у створенні дрібногрудочкуватого стану верхнього шару ґрунту, зменшенні втрат вологи, вирівнюванні поля та забезпеченні умов для якісного передпосівного обробітку та сівби.

Ранньовесняне розпушування розпочинають з боронування та шлейфування одразу після досягнення ґрунтом фізичної стиглості. Це виконують вибірково, коли ґрунт добре кришиться, не прилипає до робочих органів знарядь і не мажеться. Практичним показником готовності поля є

посіріння верхівок гребенів ріллі. Однак, якщо перші дні весняного потепління хмарні, посіріння може бути малопомітним. У такому разі слід користуватися іншими показниками, наприклад, перевіркою грудочки ґрунту: якщо стислий у руці шматок ґрунту при падінні з висоти 1–1,5 м розсипається на частинки, поле готове до обробітку.

Ці заходи є важливою частиною підготовки ґрунту до сівби, оскільки забезпечують сприятливі умови для проростання насіння та розвитку рослин.

У суху весняну погоду втрати вологи з незаборонованого поля можуть досягати 50–60 т/га, а за сухих і вітряних умов — майже 100 т/га на добу. Щоб зменшити випаровування, необхідно порушити капілярність верхнього шару ґрунту, зменшивши підняття води до поверхні через капіляри. Для цього проводять боронування у 1–2 сліди на глибину 3–5 см, доводячи верхній шар ґрунту до дрібногрудочкуватого стану. Цей агротехнічний захід слід виконати у найкоротші строки.

Закриття вологи здійснюється вибірково, у міру дозрівання верхнього шару ґрунту. Спочатку роботи проводять на пагорбах і південних схилах, а пізніше — на північних схилах, у низинах та на полях із близьким заляганням підґрунтових вод. Легкі ґрунти дозрівають раніше, ніж ґрунти важкого механічного складу.

Залежно від типу ґрунту та щільності верхнього шару, зчіпка складається із двох рядів борін:

- у першому ряді — важкі або середні борони;
- у другому — середні посівні борони або райборінки.

Для забезпечення високої якості роботи використовують два агрегати:

1. Перший агрегат складається із зчіпки важких або середніх зубових борін та посівних зубових борін чи райборінок.
2. Другий агрегат — зчіпка шлейф-борін і посівних зубових борін або райборінок.

Ранньовесняне розпушування та вирівнювання ґрунту виконують під кутом 10–45° до напрямку оранки. Швидкість руху агрегатів має бути такою,

щоб не порушувалася плавність їх ходу та забезпечувалася рівномірна глибина заглиблення зубів борін.

Плавність ходу борін і рівномірна заглибленість зубів забезпечуються правильним вибором довжини повідків, які повинні забезпечувати кут тяги до ґрунту 14–18°.

Вирівнювання поверхні ґрунту (шлейфування) в умовах підвищеної вологості проводять після закриття вологи зубовими боронами, враховуючи дозрівання розпушеного шару. У випадку високої температури повітря та низької вологості ґрунту поверхню вирівнюють без попереднього розпушування. Для цього застосовують шлейф-борони, спеціальні вирівнювальні бруси, кільчасті та напівкільчасті шлейф-вирівнювачі, які успішно використовуються в господарствах Волинської, Рівненської, Івано-Франківської, Львівської та Тернопільської областей.

Комплектування агрегатів та кількість проходів під час ранньовесняного обробітку і вирівнювання ґрунту визначаються індивідуально для кожного поля, враховуючи ґрунтово-погодні умови.

Якщо борони та шлейфи недостатньо розпушують ґрунт, що часто спостерігається на безструктурних ґрунтах, які сильно ущільнюються за осінньо-зимовий період (опідзолені, сірі лісові, суглинкові та дерново-підзолисті ґрунти західних областей України), доцільно застосовувати лапчасті культиватори. Їх встановлюють на глибину 6–10 см у поєднанні з зубовими боронами.

На важких ґрунтах, які схильні до запливання, рекомендується використовувати культиватори, обладнані пружинними лапами. У разі повільного дозрівання зв'язних суглинкових ґрунтів Закарпатської низовини при закритті вологи рекомендується застосовувати дискові борони разом із зубовими боронами. Водночас на запирієних полях дискові знаряддя використовувати небажано, оскільки це може сприяти поширенню пирію, який розмножується кореневищами.

Показником якісного ранньовесняного боронування є рівна поверхня поля та утворення розпушеного дрібногрудочкуватого шару ґрунту завтовшки 3–5 см.

Дальший обробіток ґрунту визначається термінами сівби конкретних культур, ґрунтово-погодними умовами, станом ґрунту та системою удобрення.

Передпосівна культивуація

Передпосівну культивуацію починають через кілька днів після боронування та вирівнювання. Її мета – розпушення верхнього шару до дрібногрудочкуватого стану на задану глибину та знищення пророслих бур'янів. У деяких випадках культивуацію поєднують із внесенням гербіцидів і добрив, які одразу ж загортають у ґрунт. Це сприяє підвищенню ефективності використання добрив і гербіцидів.

Глибина розпушування повинна бути однаковою по всій ширині захвату та не відхилятися від заданої більше ніж на 1 см.

На чорноземах і добре окультурених сірих лісових ґрунтах, які за умов якісного зяблевого обробітку до весни не ущільнюються, передпосівну культивуацію проводять на глибину, близьку до глибини загортання насіння. Якщо ґрунти заплили та ущільнилися через надмірну вологість, передпосівну культивуацію передує культивуація на глибину 8–12 см. Для цього використовують культиватори КПС-4,0 із одночасним боронуванням, а за потреби застосовують також шлейфи або кільчасто-шпорові котки.

На слабо забур'янених полях для переднього ряду культиваторів встановлюють стрілчасті лапи шириною 270 мм, а для заднього ряду – 330 мм. У разі сильно забур'янених полів використовують виключно стрілчасті лапи шириною 330 мм.

На важких ґрунтах із достатнім зволоженням, де потрібна глибша культивуація, для передпосівного обробітку доцільно використовувати культиватори з розпушувальними лапами.

У деяких випадках передпосівний обробіток ґрунту виконують дисковими луцильниками або боронами. Це переважно стосується полів, де восени були зібрані багаторічні трави та проведена неглибока оранка чи безполицевий обробіток. У таких умовах культиватори можуть витягувати значну частину дернини на поверхню. На важких глинистих ґрунтах (наприклад, у Закарпатській низовині), де на поверхні часто утворюються брили, які неможливо подрібнити культиваторами, дискові знаряддя також є більш ефективними для розпушення верхнього шару.

Передпосівний обробіток ґрунту тісно пов'язаний із термінами сівби та глибиною загортання насіння.

- Для ранніх зернових і зернобобових культур проводять здебільшого одну культивацію на глибину загортання насіння з одночасним боронуванням. У зоні достатнього зволоження, на важких ґрунтах, або в дощову весну глибину передпосівної культивації збільшують.
- У разі надмірних дощів рекомендується виконувати дві культивації: першу на глибину 8–10 см із застосуванням культиваторів із розпушувальними лапами, і другу, передпосівну, на глибину 4–5 см із використанням культиваторів із підризувальними лапами. Якщо між двома культиваціями випадають сильні дощі, що спричиняють утворення ґрунтової кірки, додатково проводять боронування.

У системі передпосівного обробітку під дрібнонасінні ярі культури (наприклад, цукрові буряки, льон-довгунець) ефективним є передпосівне коткування, яке вирівнює поверхню ріллі, подрібнює грудки, покращує водний, тепловий і поживний режими ґрунту. Завдяки цьому насіння краще контактує з ґрунтом, що забезпечує швидші та дружніші сходи. Це особливо корисно як у посушливих районах, так і в зоні достатнього зволоження. Наприклад, у дослідженнях Передкарпатської сільськогосподарської станції коткування після культивації підвищило врожайність льону-довгунця: врожай соломи зріс із 33,1 до 36,1 ц/га, а насіння — із 6,8 до 7,2 ц/га.

Для культур із середніми та пізніми строками сівби (кукурудза, соняшник, гречка тощо) зазвичай проводять дві культивуації: першу одразу після сівби ранніх ярих культур на глибину 6–10 см і другу – на глибину загортання насіння.

На дуже ущільнених зяблевих ґрунтах, особливо важких за механічним складом (характерних для Передкарпаття) або таких, що мають блюдця, рекомендується застосовувати глибоку культивуацію. Для цього використовують культиватори з долотоподібними лапами, чизелі-розпушувачі або чизельні культиватори.

2.3. Вплив агрометеорологічних умов на природно дозволений фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт

Можливість ефективної роботи ґрунтообробної техніки на полі залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, таких як зв'язність, липкість, пластичність і твердість. Ці властивості визначаються механічним складом ґрунту та рівнем його зволоження.

Таким чином, агрометеорологічні умови разом із фізико-механічними характеристиками ґрунту визначають оптимальні терміни виконання ґрунтообробних робіт як у весняний, так і в літньо-осінній періоди календарного року.

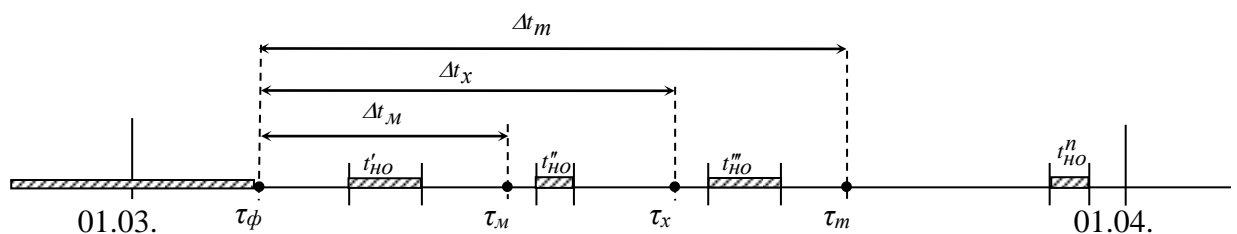


Рисунок 2.1 – Графічна інтерпретація впливу часу початку фізичної стиглості ґрунту (τ_ϕ) на природно дозволений проміжок часу (Δt) підготовки ґрунту до сівби за різних календарних термінів τ_ϕ , t'_{HO} , t''_{HO} , t'''_{HO} - тривалість

періодів стану ґрунту, за яких неможливий його обробіток; $\Delta t_m, \Delta t_x, \Delta t_m$ – відповідно тривалість періоду, за якого ґрунт прогрівається до оптимальної температури сівби для морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур; τ_m, τ_x, τ_m – відповідно час прогріву ґрунту до температури сівби морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур.

Агрометеорологічні чинники у весняний період впливають на інтенсивність прогрівання та підсихання ґрунту. Ці процеси визначають природно зумовлений інтервал часу між моментом досягнення фізичної стиглості ґрунту та початком сівби сільськогосподарських культур.

Через стохастичну природу агрометеорологічних умов своєчасність підготовки ґрунту за допомогою певного комплексу ґрунтообробних машин (КГМ) варіюється залежно від року. Це, у свою чергу, обумовлює стохастичний характер показників їх технологічної ефективності.

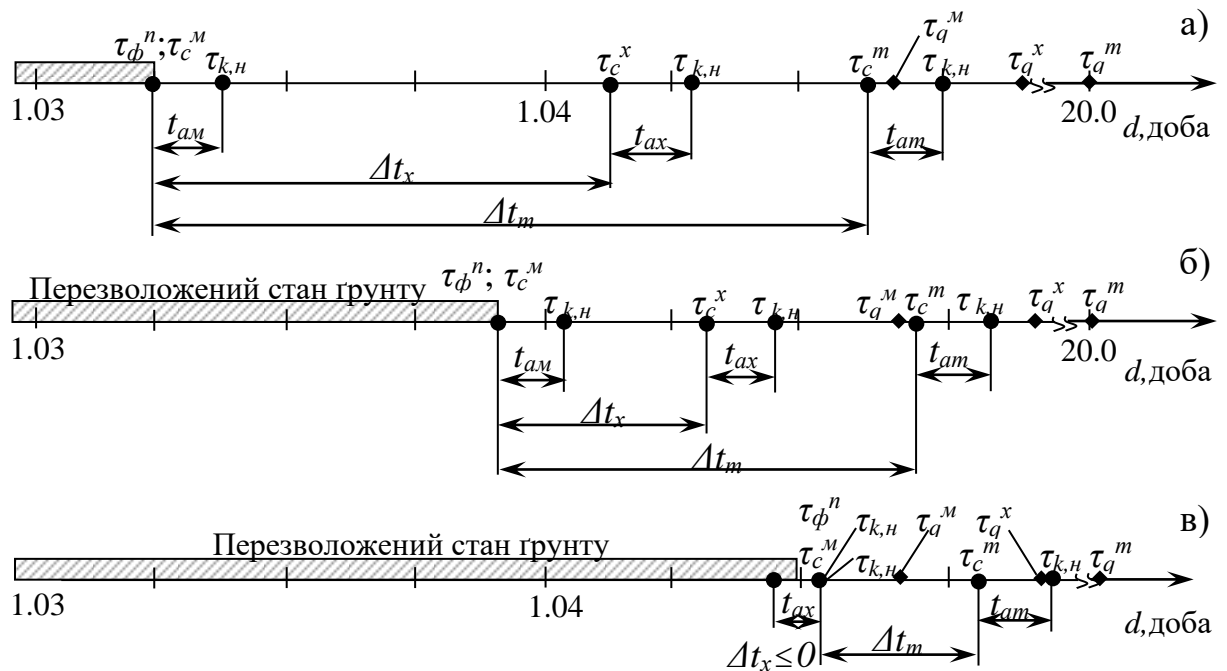


Рисунок 2.2 – Графічна інтерпретація тривалості періоду прогрівання ґрунту до температури сівби культур у весняний період: а,б,в) відповідно ранні середні та пізні календарні терміни початку обробітку ґрунту; $\Delta t_x, \Delta t_m$ –

відповідно тривалість періоду прогрівання ґрунту до температури сівби холодостійких та теплолюбних культур, дiб; $\tau_c^m, \tau_c^x, \tau_c^m$ – відповідно час початку сівби морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур, доба; t_{am}, t_{ax}, t_{am} – агротехнічно-оптимальна тривалість сівби, дiб; $\tau_{k,n}$ – час початку втрати врожаю k -ї культури через несвоєчасність обробітку ґрунту, доба; $\tau_q^m, \tau_q^x, \tau_q^m$ – допустимий (крайній) час доцільної сівби морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур.

Кожен із зазначених сценаріїв є унікальним, що вимагає адаптації змісту технологічних операцій з обробітку ґрунту до природно зумовленої тривалості їх виконання у весняний період.

2.4. Функція мети узгодження виробничої програми із параметрами комплексу машин

Ефективність комплексів машин для обробітку ґрунту оцінюється на основі фізичних характеристик ґрунтообробного процесу. Метод базується на гіпотезі, що для заданої виробничої програми сільськогосподарського підприємства (СПП) існують такі параметри комплексу ґрунтообробно-посівних машин, які дозволяють виконати цей процес із мінімальними питомими сукупними витратами.

Оцінка фізичних характеристик процесу за вартісним критерієм – питомими сукупними витратами (E) – у різні роки використання комплексу машин дозволяє визначити оптимальні параметри (Z) виробничої системи:

$$\Phi(Z_{opt}) = E \rightarrow \min, \quad (2.2)$$

Оцінювання економічної ефективності функціонування виробничої системи обробітку ґрунту можливе за умови аналізу обсягів фактично виконаних робіт окремими ґрунтообробними агрегатами. Залежно від обраної технології обробітку ґрунту, попередника, рівня забур'яненості та вимог сільськогосподарської культури до стану ґрунту на момент сівби, у межах одного сезону виникає необхідність виконання різних обсягів робіт окремими агрегатами.

Для коректної оцінки економічної ефективності використання комплексу машин, ґрунтообробні агрегати якого виконують роботи різного обсягу у сезонному (або річному) виробітку, розраховують питомі сукупні витрати коштів на одиницю площі ріллі сільськогосподарського підприємства (СПП).

Різниця в обсягах виконаних робіт у весняний період обумовлена скороченням тривалості природно дозволеного часу для ґрунтообробно-посівних робіт. Це, у свою чергу, змінює потребу у виконанні певних технологічних операцій, таких як закриття вологи або знищення бур'янів (особливо у випадку пізньої весни).

Отже, формула розрахунку питомих сукупних витрат коштів має вигляд:

$$E = B_{\text{вгл}} + B_{\text{огл}} + B_{\text{вгн}} + B_{\text{огн}} \quad (2.3)$$

де $B_{\text{вгл}}^{\text{с}}$, $B_{\text{огл}}^{\text{с}}$ - питомі втрати коштів через зниження біологічної врожайності культур внаслідок несвоєчасної підготовки ґрунту у весняний та літньо-осінній періоди, грн/га; $B_{\text{вгн}}^{\text{с}}$, $B_{\text{огн}}^{\text{с}}$ - питомі експлуатаційні витрати СПП на виконання процесу механізованого обробітку ґрунту у відповідні періоди, грн/га.

Початковими даними для розрахунків є наступні фізичні показники ґрунтообробного процесу: 1) обсяг несвоєчасно оброблених площ k -ї

культури ($\bar{M}[Z_k^H]$), га·діб; 2) обсяг фактично виконаних робіт r -ю ґрунтообробною машиною $\bar{M}[\Omega_r^\phi]$, га.

Для оцінення втрат коштів через зниження біологічної врожайності (B_δ) окремої культури користуються формулою

$$B_{\text{тл}} = \sum_k U_k \cdot K_k \cdot S_{\gamma kj} \cdot t_k \cdot V_k, \quad (2.4)$$

де U_k – максимальна врожайність k -ї культури в умовах регіону, ц/га; K_k – коефіцієнт втрат врожаю k -ї культури внаслідок затримки технологічної операції на одну добу [14, 16]; $S_{\gamma kj}$ – площа γ -го поля k -ї культури, яка підлягає обробітці в j -у добу, га; t_k – кількість діб після завершення агротехнічно оптимальної дати сівби k -ї культури, діб; V_k – ринкова вартість k -ї культури, грн./ц.

Сума добутків $S_{\gamma kj} \cdot t_k$ для k -ї культури відображає обсяг несвоєчасно оброблених площ (Z_k^H) відповідного періоду.

Надмірна тривалість ґрунтообробного процесу з тих чи інших причин зумовлює досягнення крайніх термінів сівби культури. За таких умов виникають непідготовлені площі (S_k^H) полів, на яких врожай вирощуваних культур втрачають повністю.

Оцінюють ці втрати ($B_{\text{тл}}$) за формулою:

$$B_{\text{тл}} = \sum_k U_k \cdot V_k \cdot S_k^H. \quad (2.5)$$

Враховуючи формули (2.4) та (2.5), питомі втрати СГП через несвоєчасність ґрунтообробного процесу ($B_{\text{тл}}$) знайдемо:

$$B_{\text{тл}} = \frac{\sum_k U_k \cdot V_k \cdot (K_k \cdot \sum_{t=1}^T S_{tk} \cdot t_k + S_{T+1,k}^H)}{S_p}, \quad (2.6)$$

де S_p - площа ріллі СГП, га; T – тривалість періоду несвоєчасного обробітку ґрунту, дів.

Питомі експлуатаційні витрати ($B_{\text{тн}}$) визначають за формулою [1,15,39]

$$B_{\text{тн}} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (2.7)$$

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.

Відповідно до обсягу (Ω_r^ϕ) фактично виконаних робіт r -им ґрунтообробним агрегатом питомі витрати коштів на оплату праці тракториста становить:

$$C_1 = \sum_r \frac{(m_1 P_1 + m_2 P_2 + \dots + m_n P_n) \cdot \Omega_r^\phi}{W_r^{\text{год}} \cdot S_p}, \quad (2.8)$$

де m_1, m_2, \dots, m_n – кількість робітників, які обслуговують ґрунтообробну машину (агрегат) окремо для кожної кваліфікації (розряду); P_1, P_2, \dots, P_n – оплата праці за годинну норму виробітку робітника кожної кваліфікації, грн./год.; $W_r^{\text{год}}$ - годинна продуктивність машини, га/год.;

Вартість паливно-мастильних матеріалів визначається за формулою

$$C_2 = \frac{C_k \cdot Q \cdot \Omega_r^\phi}{S_p}, \quad (2.9)$$

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

Відрахування на амортизацію:

$$C_3 = \sum_r \frac{B_r \cdot n_r \cdot a_r \cdot k_r}{100 \cdot S_p} \quad (2.10)$$

де B_r - балансова вартість r -ї машини, грн.; n_r - кількість r -х ґрунтообробних знарядь; a_r - норма відрахувань на амортизацію r -ї машини, %; k_r - коефіцієнт зайнятості r -ї машини на технологічних операціях з обробітку ґрунту.

Значення k_r відображає відношення витрати часу (t_r) трактора або ґрунтообробної машини на виконанні окремої ґрунтообробної операції до загально річної (t_r^3) тривалості її використання в інших механізованих процесах вирощування сільськогосподарських культур впродовж року у СГП:

$$k_r = \frac{t_r}{t_r^3}. \quad (2.11)$$

Відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування визначають за формулою

$$C_4 = \sum_r \frac{B_r \cdot n_r \cdot p_r \cdot \Omega_r^\phi}{100 \cdot W_r^{\text{год}} \cdot T_r \cdot S_p}, \quad (2.12)$$

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

Виконання вищенаведених розрахунків дає змогу встановити питомі сукупні витрати коштів на виконання процесу механізованого обробітку ґрунту. На підставі цього, уможлиблюється встановлення показників ефективності ґрунтообробного процесу для різних умов використання відповідного комплексу машин.

Однак впродовж періоду використання технічних ресурсів підприємства можливе відхилення показників ефективності (E). Таким чином, зниження відхилення E є важливою інженерною задачею.

Функція мети тоді матиме вигляд:

$$\Phi(S, K) = R\{E\} \rightarrow \min, \quad (2.13)$$

де S – сезонна площа ґрунтообробно-посівних робіт, га; K – параметри комплексу ґрунтообробно-посівних машин.

Висновки до розділу 2

1. Ефективність механізованої підготовки ґрунту та сівби культур залежить від сукупної дії численних факторів, які необхідно враховувати при узгодженні виробничих площ із параметрами відповідного комплексу машин. Ця залежність особливо важлива для різних термінів початку весняного періоду.

2. Агротехнічні вимоги до вирощування сільськогосподарських культур не повністю відповідають їхнім біологічним потребам. Наприклад, найкраща здатність насіння до проростання спостерігається при вологості ґрунту близько 30%, тоді як сільськогосподарська техніка може працювати лише при вологості ґрунту 15–18%.

3. Своєчасність виконання ґрунтообробно-посівних робіт, що виконуються комплексом машин із заданими параметрами, значною мірою залежить від агрометеорологічних умов сезону. Ці умови можна оцінити через тривалість природно дозволеного фонду часу для механізованих робіт.

4. Через стохастичний характер агрометеорологічних умов весняного періоду, вимоги культур до температурних умов сівби та їх біологічні особливості, природно дозволений фонд часу для ґрунтообробно-посівних робіт є ймовірною величиною. Врахування цього дає змогу об'єктивно визначати фізичні характеристики ґрунту та обґрунтовувати технологічну ефективність комплексу ґрунтообробно-посівних машин із відповідними параметрами.

5. Економічна ефективність функціонування системи обробітку ґрунту оцінюється на основі обсягів фактично виконаних робіт окремими ґрунтообробними агрегатами. Це дозволяє визначати питомі сукупні витрати коштів на механізований обробіток ґрунту. На цій основі можливе оцінювання показників ефективності ґрунтообробного процесу в різних умовах використання відповідного комплексу машин.

3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНО ДОЗВОЛЕНОВОГО ФОНДУ ЧАСУ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНИХ РОБІТ

3.1. Загальна програма досліджень

Програма дослідження включає такі етапи:

1. Збір агрометеорологічних даних та інформації про стан ґрунту під час проведення ґрунтообробних і посівних робіт у весняний період на території земель Яворівського району.
2. Формування початкових даних для аналізу агрометеорологічних умов весняного періоду.
3. Визначення часу настання фізичної стиглості ґрунту та тривалості періоду, що залишається до початку сівби морозостійких, холодостійких і теплолюбних культур.
4. Розробка теоретичних кривих розподілу природно дозволеного фонду часу для ґрунтообробно-посівних робіт під різні типи культур: морозостійкі, холодостійкі та теплолюбні.
5. Встановлення статистичних характеристик та аналіз розподілу тривалості природно дозволеного фонду часу для виконання ґрунтообробно-посівних робіт.

3.2. Методика збору та систематизації результатів спостережень метеорологічної станції.

Дані про опади, вологість, температуру повітря та стан ґрунту у весняний період за період з 1990 по 2023 роки були отримані з агрометеорологічної станції Яворівського району. На основі цих даних сформовано початкові показники агрометеорологічних умов весняного періоду (табл. 3.1).

До початкових даних увійшли:

- вологість ґрунту на глибинах 0–2 см та 2–10 см,
- температура ґрунту на глибині 2–10 см,
- спостереження за період з 1 березня до 31 травня.

Таблиця 3.1 – Початкові дані дослідження агрометеорологічних умов весняного періоду.

		1996			1997			1998		
		Волог. гр.		температура 2-10 см	Волог. гр.		температура 2-10 см	Волог. гр.		температура 2-10 см
		0-2 см	2-10 см		0-2 см	2-10 см		0-2 см	2-10 см	
Березень	1				сніг			сніг		
	2									
	3									
	4								2	
	5				2	2			2	
	6				2	2		3	3	
	7				2	2		сніг		
	8					2				
	9				2	2				
	10				2	2				
	11				3	2	4,9	1	2	
	12				3	3	5,2	сніг		
Травень	20	4	3	16,4	5	4	17,6	3	3	14,3
	21	4	3	16,5	3	3	19,7	3	3	16,0
	22	4	3	15,6	3	3	15,8	3	3	17,3
	23	4	3	12,6	3	3	12,0	3	3	16,3
	24	3	3	11,6	3	3	11,1	3	3	13,6
	25	3	3	13,9	3	3	11,0	3	3	13,2
	26	3	3	15,6	3	3	10,1	3	3	12,0
	27	3	3	15,1	3	3	10,4	2	3	12,9
	28	3	3	14,6	4	3	14,0	3	3	14,4
	29	3	3	13,7	4	4	14,6	2	2	14,6
	30	3	3	14,0	4	4	15,6	3	3	15,8
	31	3	3	13,9	3	4	13,0	3	3	17,4

Показники вологості ґрунту на глибинах 0–2 см і 2–10 см були зафіксовані з використанням відповідних позначень (шифрів), які представлені у таблиці 3.2.

Добре зволожений фізично стиглий ґрунт має м'якопластичну консистенцію, за якої ґрунтообробні роботи виконуються з максимальною продуктивністю та високою якістю. Вологість ґрунту в цьому стані становить:

- на чорноземах – 15–18% від абсолютно сухої маси;
- на сірих лісових ґрунтах – 17–16%;
- на дерново-підзолистих середньосуглинкових ґрунтах – 16–18%.

У весняний період ґрунт може перебувати в різних фізичних станах, які детально описані та зазначені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Шифри позначення стану ґрунту

№ з/п	Шифр	Стан ґрунту
1	1	мерзлий ґрунт
2	2	перезволожений ґрунт
3	3	добре зволожений фізично стиглий ґрунт
4	4	сухий ґрунт
5	5	пересохлий ґрунт
6	6	сніг на поверхні ґрунту

На основі аналізу рядів даних були визначені дати настання фізичної стиглості ґрунту, а також дати прогрівання ґрунту до температур, необхідних для початку сівби морозостійких, холодостійких і теплолюбних культур. Додатково було підраховано кількість погожих і непогожих днів у весняний період.

Таблиця 3.3 – Дати настання фізичної стиглості ґрунту, кількість погожих і непогожих днів і кількість днів прогрівання ґрунту до початку сівби.

1996			1997			1998		
дата настання фізичної стиглості ґрунту								
7.4			12.3			22.3		
погожі дні	непогожі дні	дати коли прогріється ґрунт до температур 5; 8; 12°C	погожі дні	непогожі дні	дати коли прогріється ґрунт до температур 5; 8; 12°C	погожі дні	непогожі дні	дати коли прогріється ґрунт до температур 5; 8; 12°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
55		2.4	80		12.3	63		16.3
		3.4	19	2	22.3	26	3	31.3
		25.4	61		29.4	11	3	2.5
						5	1	
						19	1	
						2		
Кількість днів прогрівання ґрунту до температури 5; 8; 12°C								
	-9			1			-7	
	-5			11			10	
	19			47			37	

Зробивши певні маніпуляції з табл. 3.3. ми для кожного року (табл. 3.4.) виписуємо дату настання фізичної стиглості ґрунту, кількість днів від нового року до настання фізичної стиглості ґрунту та кількість днів від настання ФСТ до прогрівання ґрунту до температури сівби морозостійких, холодостійких і теплолюбних культур.

Таблиця 3.4 – Результати кількісного оцінення тривалості прогрівання ґрунту до температури сівби культур.

дата	роки	кількість днів від нового року	кількість днів прогрівання ґрунту до температури 5°C	кількість днів прогрівання ґрунту до температури 8°C	кількість днів прогрівання ґрунту до температури 12°C
1	2	3	4	5	6
	тф		5°C	8°C	12°C
07.Кві	1990	96,0	-5	5	18
24.Бер	1991	82,0	-3	13	33
27.Бер	1992	85,0	-7	11	18
23.Бер	1993	81,0	10	10	40
14.Бер	1994	72,0	8	8	48
08.Бер	1995	66,0	4	20	31
07.Кві	1996	96,0	-9	-5	19
12.Бер	1997	70,0	1	11	47
23.Бер	1998	81,0	-7	10	37
13.Кві	1999	102,0	-15	2	10
14.Кві	2000	103,0	-9	2	10
29.Бер	2001	87,0	-7	-4	30
06.Кві	2002	95,0	-5	2	23
29.Бер	2003	87,0	-9	4	13
06.Кві	2004	95,0	-5	2	11
07.Кві	2005	96,0	-8	-4	16
01.Кві	2006	90,0	-4	4	25
09.Кві	2007	98,0	-5	2	22
02.Кві	2008	91,0	-7	7	19
01.Бер	2009	59,0	5	17	44
05.Бер	2010	63,0	4	15	45
27.Бер	2011	85,0	-7	8	35
30.Бер	2012	88,0	-10	10	29
30.Бер	2013	88,0	-10	9	21
26.Бер	2014	84,0	-8	7	35
24.Бер	2015	82,0	-1	12	23
18.Кві	2016	107,0	-8	-1	1
17.Кві	2017	106,0	-16	-9	2
01.Кві	2018	90,0	-5	7	6
28.Бер	2019	86,0	-11	-2	20
12.Кві	2020	101,0	-12	-10	2
01.Кві	2021	90,0	-10	-3	26
11.Кві	2022	100,0	-14	-11	7
16.Кві	2023	105,0	-14	-2	13

Дані з табл. 3.4. будуть використовуватись для виведення залежності Δt (тривалість періоду, за якого ґрунт прогріється до температури сівби морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур, діб), від часу початку фізичної стиглості ґрунту для трьох видів культур.

3.3. Методика кореляційно-регресійного аналізу результатів експериментів

У дослідженнях дуже часто зустрічаються такі співвідношення між змінними, коли кожному значенню величини (X) відповідає не одне, а багато значень величини – (Y), тобто їх розподіл. Такі зв'язки, що визначаються лише під час масового вивчення величин, на відміну від функціональних називаються стохастичними (ймовірними) або кореляційними [4, 11, 12, 21].

Під час вивчення кореляційних зв'язків виникають два головні завдання - стосовно тісноти зв'язку і його форми. Для вимірювання тісноти та форми зв'язку використовують спеціальні статистичні методи кореляційного та регресійного аналізів.

За формою кореляція може бути лінійною та криволінійною напрямом – прямою і оберненою. Кореляцію та регресію називають простою, якщо досліджуються зв'язок між двома величинами, і множинною – якщо вивчається залежність між трьома і більше величинами. Для поцінування тісноти (сили) зв'язку використовують коефіцієнт кореляції r і кореляційне відношення (η). Вважається, що при $r < 0,3$ кореляційна залежність між величинами слаба, якщо $r = 0,3-0,7$ – середня, а за умови $r > 0,7$ – сильна.

Про наявність кореляції свідчить графік, на якому в прямокутній системі координат, де на осі абсцис відкладається величина X а на осі ординат – величина Y , зображені дослідні точки (графік називають кореляційним полем) [4, 11, 12, 21].

Зв'язок між функцією та аргументом виражається рівнянням регресії або кореляційним рівнянням. При простій регресії рівняння можна коротко записати у неявному вигляді: $Y = f(X)$ і при множинній $Y = f(X, Z, V, \dots)$. Для лінійної кореляції графіком буде пряма лінія, для криволінійної – крива (парабола, гіпербола тощо). Найчастіше вибір типу рівняння регресії встановлюється за допомогою графіка, на якому кожна задана пара зображена точкою на площині (системі координат). Якщо розміщення цих точок таке, що неможливо уявити кривої, біля якої вони тісно згруповані, то обмежуються лінійною кореляцією.

Під лінійною (прямолінійною) кореляційною залежністю між двома величинами X та Y розуміють таку залежність, яка має лінійний характер і виражається рівнянням прямої лінії.

Коли при однакових приростах аргументу інтенсивність зміни функції неоднакова, регресію називають криволінійною.

Для побудови теоретичної лінії регресії потрібно визначити коефіцієнти рівняння цієї лінії, які називається коефіцієнтами регресії. Ці коефіцієнти, як і всі інші показники, розраховують методом найменших квадратів.

Опишемо коротко методику виконання розрахунків. Перш за все за встановленими емпіричними рядами значень висувають гіпотезу щодо форми кореляційної залежності та рівняння регресії.

Згідно із встановленим емпіричним рядом (множина пар чисел) наносять точки у системі координат вибравши відповідне мірило. З вигляду кореляційного поля (розподілу точок у системі координат) висувають гіпотезу щодо форми кореляційного зв'язку. На основі цього вибирають тип та рівняння регресії, які відображають дану залежність.

Визначення тісноти кореляційного зв'язку (коефіцієнт кореляції, кореляційне відношення). Для розрахунків величин, що входять до формул, складають розрахункову таблицю (табл. 3.5.), в якій колонки 1-3

заповнюються згідно рядів емпіричних значень. Для лінійної кореляції дана таблиця складатиметься із наступних колонок.

Розраховують середні значення X_c та Y_c за формулами [4, 11, 12, 21]

$$X_c = \frac{\sum X}{n} \quad (3.1)$$

$$Y_c = \frac{\sum Y}{n} \quad (3.2)$$

де n – число пар даних вибірки.

Визначають відхилення досліджуваних величин та їх квадрати і у відповідні колонки таблиці 3.5.

Визначають коефіцієнт кореляції за формулою:

$$r = \frac{\sum (X - X_c) \cdot (Y - Y_c)}{\sqrt{\sum (X - X_c)^2 \cdot (Y - Y_c)^2}} \quad (3.3)$$

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

Таблиця 3.5 – Розрахункова таблиця головних показників

N	X	Y	$X - X_c$	$(X - X_c)^2$	$Y - Y_c$	$(Y - Y_c)^2$	$(X - X_c) \cdot (Y - Y_c)$
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
...
n							

Для поцінування надійності коефіцієнта кореляції визначають стандартну похибку, критерій значимості та довірчі інтервали.

Стандартну похибку визначають за формулою:

$$Sr = \sqrt{\frac{1 - r^2}{v}} \quad (3.4)$$

де v – число ступенів вільності. Це число рівне $v = n - 2$.

Визначають критерій значимості за формулою:

$$t_r = \frac{r}{S_r} \quad (3.5)$$

Якщо $t_r > t_{теор}$ то кореляційний зв'язок значний, а коди $t_r < t_{теор}$ – незначний. Теоретичне значення критерій t знаходять за таблицею Стюдента [4, 11, 12, 21]. Рівень значимості приймають 5%-ий або 1%-ий.

Довірчі інтервали визначити наступним чином:

$$r \pm t_{05} \cdot S_r \quad (3.6)$$

Коефіцієнт регресії визначають за формулою:

$$b_{yx} = \frac{\sum (X - X_c) \cdot (Y - Y_c)}{\sum (X - X_c)^2} \quad (3.7)$$

$$b_{xy} = \frac{\sum (X - X_c) \cdot (Y - Y_c)}{\sum (Y - Y_c)^2} \quad (3.8)$$

Правильність розрахунків перевірити за критерієм

$$b_{yx} b_{xy} = r^2 \quad (3.9)$$

Рівняння лінійної регресії записують формулою:

$$Y = Y_c + b_{yx} \cdot (X - X_c). \quad (3.10)$$

Визначають похибку коефіцієнтів регресії за формулами:

$$S_{byx} = S_r \sqrt{\frac{\sum (Y - Y_c)^2}{\sum (X - X_c)^2}} \quad (3.11)$$

$$S_{bxy} = S_r \sqrt{\frac{\sum (X - X_c)^2}{\sum (Y - Y_c)^2}} \quad (3.12)$$

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

Визначити межі довірного інтервалу коефіцієнта регресії:

$$b_{yx} \pm t_{05} \cdot S_b \quad (3.13)$$

Будують лінію регресії, вказують її рівняння, коефіцієнти регресії. На графіку зазначають довірчу зону для лінії регресії.

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

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

$$r' = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y_c)^2 - \sum (Y_{cx} - Y)^2}{\sum (Y - Y_c)^2}} \quad (3.14)$$

Якщо $r > 0.65$, то вирівнювання вважається задовільним, а при $r < 0.65$ співпадання між дослідними і вирівняними даними вважається недостатнім.

Більшість явищ природного походження, що виникають впродовж процесу механізованої підготовки ґрунту та сівби культур є випадкового характеру за їхніми кількісними характеристиками отримують емпіричні дані. Математичне опрацювання цих даних здійснюють за певними правилами, які обґрунтовують на підставі теорії ймовірностей і математичної статистики. Ці правила є стандартизованими [4, 11, 12, 21].

Емпіричні розподіли узгоджують з теоретичними за спеціально розробленими в теорії статистичними критеріями [4, 11, 12, 21].

Обґрунтування розподілу випадкових величин здійснюють за наступною методикою. Емпіричний ряд дослідних значень розташовують у порядку зростання і таким чином формується варіаційний ряд:

$$Y_1 < Y_2 < \dots < Y_N. \quad (3.15)$$

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

$$k = 1 + 3,32 \lg N, \quad (3.16)$$

де N – число дослідів (обсяги вибірки). 2

Крок інтервалу розрахувати за формулою:

$$\Delta Y = \frac{Y_N - Y_1}{k}, \quad (3.17)$$

Побудувати табл. 3.6. для розрахунку статистичних характеристик.

Таблиця 3.6 – Розрахунок статистичних характеристик

№ з/п	Показник	N інтервалу				
		1	2	...	k-1	k
1	Інтервал $Y_i^H \dots Y_i^B$	$Y_1^H \dots Y_1^B$	$Y_2^H \dots Y_2^B$...	$Y_{k-1}^H \dots Y_{k-1}^B$	$Y_k^H \dots Y_k^B$
2	Середина інтервалу, Y_i	Y_1	Y_2	...	Y_{k-1}	Y_k
3	Частота, m_i	m_1	m_2	...	m_{k-1}	m_k
4	Емпірична частість, $P_i = \frac{m_i}{N}$	P_1	P_2	...	P_{k-1}	P_k
5	$Y_i * P_i$	$Y_1 * P_1$	$Y_2 * P_2$...	$Y_{k-1} * P_{k-1}$	$Y_k * P_k$
6	$(Y_i - Y_c)^2 * P_i$	$(Y_1 - Y_c)^2 * P_1$	$(Y_2 - Y_c)^2 * P_2$...	$(Y_{k-1} - Y_c)^2 * P_{k-1}$	$(Y_k - Y_c)^2 * P_k$

Розрахувати статистичні характеристики (оцінки):

Математичне сподівання:

$$Y_c = \sum_{i=1}^k Y_i \cdot P_i. \quad (3.18)$$

Дисперсія:

$$D = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i; \quad (3.19)$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^k (Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i} \quad (3.20)$$

Коефіцієнт варіації:

$$v = \frac{\delta}{Y_c}; \quad (3.21)$$

$$v = \frac{\delta}{Y_c - Y_{3M}}; \quad (3.22)$$

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

Оцінку коефіцієнта варіації за формулою (3.22) розраховують, якщо зона розкиду значень показника Y має зміщення відносно нуля. За умови, що Y_1 варіаційного ряду не є помилковим (належить вибірці), вважають: $Y_{3M} = Y_1$.

Перевірка крайніх значень варіаційного ряду на належність їх вибірці. Перше Y_1 і остання Y_N значення варіаційного ряду перевірити на належність їх вибірці (чи не є вони помилковими) за критерієм Ірвіна [21]:

$$\lambda_{d1} = \frac{1}{\delta}(Y_2 - Y_1); \quad (3.23)$$

$$\lambda_{dN} = \frac{1}{\delta}(Y_N - Y_{N-1}). \quad (3.24)$$

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

За умови значних витрат коштів і часу на виконання окремих дослідів (для визначення кожного значення Y) важливо здійснити їх таку кількість, яка була б достатньою для оцінки статистичних характеристик. Здебільшого число N_d дослідів для нормального розподілу визначають на підставі гарантування того, що відносна похибка (δ) оцінки математичного сподівання з заданою довірчою ймовірністю ($\alpha = 0,8...0,95$) не перевищує 10-20%:

$$N_d = \frac{v^2 t^2}{\delta^2}; \quad (3.25)$$

де t – квантиль нормального розподілу.

Взаємодія між α і t подано в табл.Д2 [21].

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

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

варіаційного ряду побудувати графік залежності між досліджуваною величиною і емпіричною частістю. З цією метою на осі абсцис за певним мірилом відкладають верхні, нижні та середні значення інтервалів величини Y . На осі ж координат відкладають значення емпіричної частоти.

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

Розрахунок теоретичної частоти. Розрахувати значення густини функції розподілу ($f(Y_i)$) для кожного часткового інтервалу. Для теоретичного розподілу Вейбулла потрібно насамперед відшукати параметри a і b [21].

Для кожного часткового інтервалу розраховують теоретичну частість:

$$P_{Ti}(Y) = f(Y) \cdot \Delta Y, \quad (3.26)$$

де ΔY – крок інтервалу.

Перевірка близькості емпіричного і теоретичного розподілів. Близькість між емпіричним і теоретичним розподілом перевірити за критерієм X^2 (Хі – квадрат, Пірсона) [4, 12, 21]. З цією метою для кожного часткового інтервалу потрібно розрахувати добуток – $N \cdot P_{Ti}$. Виразити критерій за формулою:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k'} \frac{(m_i - N \cdot P_{Ti})^2}{N \cdot P_{Ti}}, \quad (3.27)$$

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

Визначити число ступені вільності за формулою:

$$r = k' - (n + 1), \quad (3.28)$$

де n – число параметрів функції теоретичного розподілу.

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

3.4. Методика визначення тривалості природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт у весняний період

Визначення тривалості ПДФ часу проводиться за такою методикою. Визначаємо дату настання „фізичної стиглості ґрунту”. Під фізичною стиглістю ґрунту розуміють такий ступінь його зволоження, за якого досягається найвища якість механізованого обробітку із найменшими зусиллями енергетичного засобу.

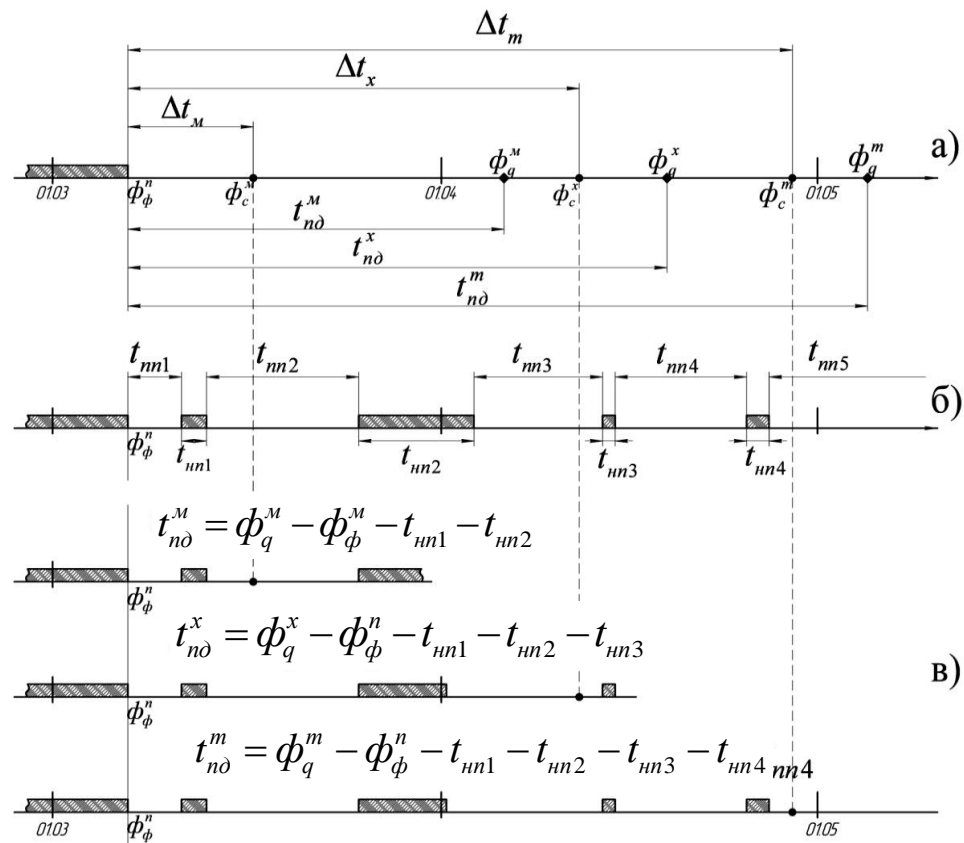


Рисунок 3.1 – Графічна інтерпретація тривалості природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт у весняний період: **а)** календарні терміни ґрунтообробно-посівних робіт; **б)** тривалість погожих та непогожих проміжків; **в)** природно зумовлений фонд часу ґрунтообробно-посівних робіт; Δt_x , Δt_m – відповідно тривалість періоду, за якого ґрунт прогріється до температури сівби холодостійких та теплолюбних культур, діб; ϕ_q^m , ϕ_q^x , ϕ_q^m – крайній термін ґрунтообробно-посівних робіт для морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур; t_{nn} , t_{nn} – тривалість погожих та непогожих проміжків часу.

Для різних типів ґрунтів цей інтервал вологості є неоднаковим – на чорноземах він становить 15-18% від абсолютно сухої маси ґрунту, на сірих лісових – 17-16% і на дерново-підзолистих середньо суглинкових – в 16-18% [2].

При меншій вологості ґрунт обробляти важко через велику його в'язкість, а при більшій – через високу пластичність. На підставі цього ФСТ вважається ґрунт який за градацією станів ґрунту табл.3.2. є під 3 номером. Відповідно до агрофізичних і біологічних особливостей рослин визначаємо оптимальні терміни сівби морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур, а також визначаємо кінцеві строки сівби за яких ще доцільно сіяти культури (тобто затрати на вирощування окупляться врожаєм).

Дальше в розрізі часу від початку настання ФСТ до крайніх термінів сівби культур проводимо підрахунок погожих та непогожих проміжків часу.

І сам процес тривалості ПДФ часу ґрунтообробно-посівних робіт визначення за такими виразами:

$$\text{для морозостійких} - t_{nd}^m = \phi_q^m - \phi_\phi^m - t_{nn1} - t_{nn2};$$

$$\text{для холодостійких} - t_{nd}^x = \phi_q^x - \phi_\phi^n - t_{nn1} - t_{nn2} - t_{nn3};$$

$$\text{для теплолюбних} - t_{nd}^m = \phi_q^m - \phi_\phi^n - t_{nn1} - t_{nn2} - t_{nn3} - t_{nn4}.$$

3.5. Методика графоаналітичного моделювання процесу підготовки ґрунту та сівби

Для того, щоб змодельовати процес підготовки ґрунту та сівби культур було прийнято комплекс ґрунтообробно-посівних машин та енергозасіб 3 тягового класу, Дод. Б1. Б2

В подальшому було визначено продуктивності прийнятих комплексів машин на ґрунтообробно-посівних роботах.

Маючи комплекс машин та його продуктивність і знаючи час настання фізичної стиглості ґрунту і час початку сівби морозостійких, холодостійких і теплолюбних культур. Потрібно визначити площу земель, що припадає на морозостійкі, холодостійкі і теплолюбні культури в середньостатистичному господарстві.

Таблиця 3.7 – Посівні площі, що припадають під ярі культури

№ з/п	Культура	Площа, га
1	Яра пшениця	50,855
2	Ярий ячмінь	47,355
3	Овес	58,065
4	Картопля	13,02
5	Ц. буряки	3,5
6	Кукурудза	21,525

Розглянемо випадок настання “пізньої весни”, яка характеризується значеннями, що наведені в табл.3.8

Таблиця 3.8 – Строки сівби культур у випадку настання “пізньої весни”

107 ДЕНЬ ВІД НОВОГО РОКУ		16 КВІТНЯ
кількість днів до настання фіз. стиглості ґрунту і сівби		
морозостійкі	холодостійкі	теплолюбні
-12	-4	5

Маючи ці всі дані і провівши розрахунки процес перебігу ґрунтообробно-посівних робіт весняного періоду під морозостійкі, холодостійкі і теплолюбні культури матиме вигляд (табл. 3.9)

Таблиця 3.9 – Виконання ґрунтообробно-посівних робіт весняного періоду при пізньому настанні фізичної стиглості ґрунту

час, що залишився після виконання операції							0,83	3,84	5,22		8,60	7,07	5,53	
									0,49		2,80	6,51		
											0,72	5,69		
												2,27		
Операція	Пло-ща	11.квіт	12.квіт	13.квіт	14.квіт	15.квіт	16.квіт	17.квіт	18.квіт	19.квіт	20.квіт	21.квіт	22.квіт	
Настання ФСТ		-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	
п	50,86						50,86							
с	50,86							50,86						
п	47,36							24,11	23,24					
с	47,36								47,36					
п	58,07									56,05	2,02			
с	58,07										58,07			
б	13,02	не вико- нуємо через брак часу												
б	3,50													
б	21,53													
б. з б.	21,53													
п	13,02										13,02			
с	13,02											13,02		
п	3,50											3,50		
с	3,50											3,50		
п	21,53											21,53		
с	21,53											8,61	12,91	

п – передпосівний обробіток ґрунту; с – сівба; б. з б. – боротьба з бур'янами.

Як видно табл. 3.10 при пізньому настанні фізичної стиглості ґрунту через суттєвий брак часу неможливо і недоцільно виконувати всі операції. За таких умов настання фізичної стиглості ґрунту спостерігаються великі втрати врожаю вирощуваних культур.

Висновки до розділу 3

1. Математичне опрацювання результатів виробничих експериментів передбачає використання стандартизованих методик, що є підставою для отримання вірогідних моделей стохастичних явищ процесу механізованого обробітку ґрунту та сівби культур.

2. Розроблений метод дослідження природно-дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт весняного періоду під морозостійкі, холодостійкі і теплолюбні культури дає змогу врахувати ймовірну дію агрометеорологічних чинників та кількісно оцінити тривалість цього фонду часу. Кількісне оцінення фонду часу здійснюється на підставі – часу початку фізичної стиглості ґрунту, погожих та непогожих проміжків та часу настання температурних умов сівби головних культур регіону.

3. Тривалість природо дозволеного фонду часу ґрунтообробних та посівних робіт є стохастичною величиною, тобто вона змінюється кожного року і залежить не тільки від часу початку весни (рання, пізня, середня), але й від кількості погожих і непогожих днів.

4. Виконання досліджень, опрацювання їх результатів та обґрунтування статистичних характеристик, розподілу та залежностей природо дозволеного фонду часу уможлиблює розв'язання головних завдань: а) скільки посівних площ зможе обробити МТА з певною продуктивністю за час який виділяє природа; б) правильно розподілити посівні площі під морозостійкі, холодостійкі і теплолюбні культури, щоб не було простоїв площ та техніки; в) провести реструктуризацію існуючого машинно-тракторного парку, щоб проводити усі роботи вчасно.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1. Результати дослідження впливу агрометеорологічних умов весняного періоду на терміни виконання ґрунтообробно-посівних робіт

Для визначення кількісних показників термінів початку, тривалості та завершення ґрунтообробно-посівних робіт були використані результати наукових досліджень та дані спостережень Яворівської метеорологічної станції (Львівська область). На основі щоденних спостережень (форми ТСХ-1, КМ-1) за атмосферними явищами (опади тощо), станом зволоження верхнього шару дернового слабоопідзоленого супіщаного ґрунту (глибини 0-2 см, 2-10 см) та температурним режимом повітря і ґрунту було сформовано базу вихідних даних для дослідження.

На основі цих щоденних даних за весняний період кожного року створювали варіаційні ряди емпіричних даних. Для числового відображення календарних термінів ґрунтообробних робіт було прийнято точку відліку – 1 січня. Від цієї дати визначали кількість днів, що проходять до появи умов, необхідних для виконання сезонних робіт.

Час початку ґрунтообробки у весняний період визначали як перший із п'яти днів, коли ґрунт перебував у стані фізичної стиглості (м'якопластична консистенція) [1, 2, 14]. Емпіричний ряд даних, отриманий для періоду 1998–2023 років, був оброблений за відомими методами математичної статистики [1, 6, 8, 9, 12, 21, 44, 45]. На основі цього побудовано розподіл часу початку фізичної стиглості ґрунту (τ_{ϕ}^n) у весняний період, який наведено на рис. 4.1.

Розподіл відповідає нормальному закону, скоригованому многочленом $P(t)$. Диференціальна функція цього розподілу описується рівнянням [4, 11, 12, 21].

$$f(\tau_{\phi}^n) = \frac{P(t)}{33,751} \cdot \exp\left[-\frac{(\tau_{\phi}^n - 85,674)^2}{362,774}\right], \quad (4.1)$$

де $P(t)$ становить

$$P(t) = 0,9991 + 0,71 \cdot \frac{\tau_{\phi}^n - 85,674}{13,468} + 0,0018 \cdot \left(\frac{\tau_{\phi}^n - 85,674}{13,468} \right)^2 - 0,237 \cdot \left(\frac{\tau_{\phi}^n - 85,674}{13,468} \right)^3 - 0,0003 \cdot \left(\frac{\tau_{\phi}^n - 85,674}{13,468} \right)^4. \quad (4.2)$$

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. В.1.

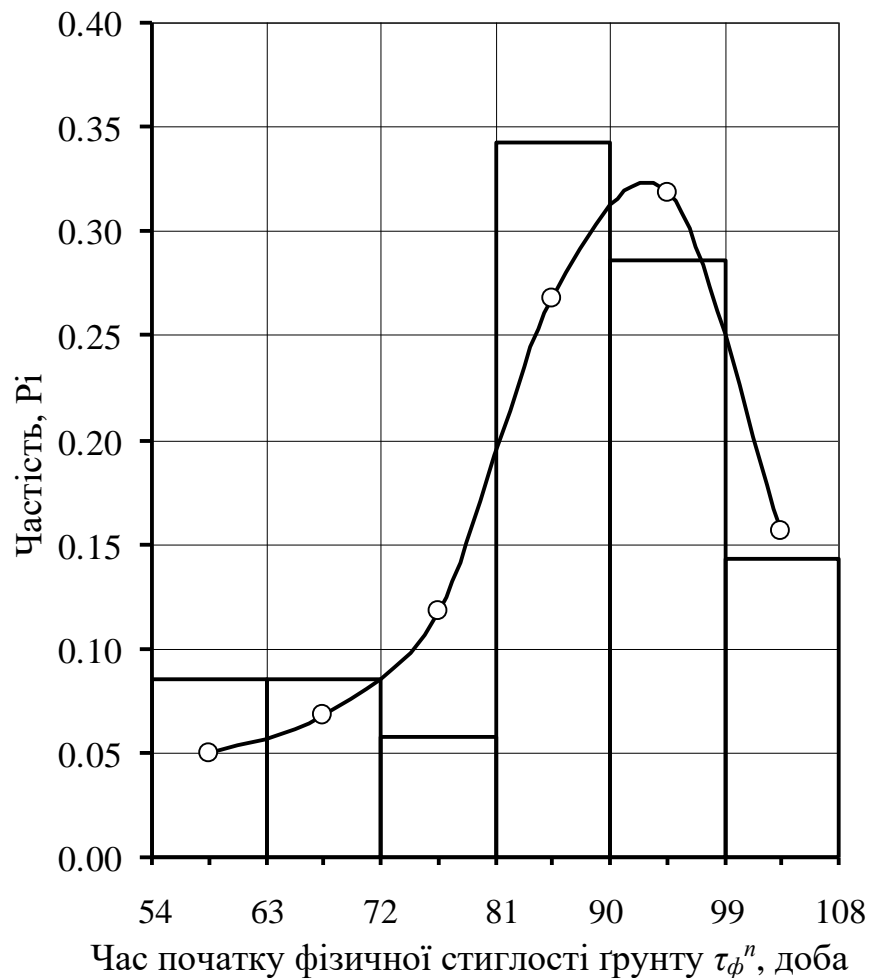


Рисунок 4.1 – Гістограма та теоретична крива розподілу часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період (нормальний скорегований многочленом)

Для відображення тривалості погожих (t_{nn}) та непогожих (t_{nn}) проміжків часу весняного та літньо-осіннього періодів фіксували кількість днів, впродовж яких ґрунт перебував у відповідному стані його зволоження. Межі календарних термінів весняного періоду окремого року, для яких визначали t_{nn} та t_{nn} , обґрунтовувались на підставі τ_{ϕ}^n та $\tau_q^m, \tau_q^x, \tau_q^m$. Слід зазначити, що впродовж періоду прогрівання ґрунту до температури сівби сільськогосподарських культур, можливе чергування декількох t_{nn} та t_{nn} . Їх кількісні характеристики фіксували як окремі величини та формували базу емпіричних даних.

Використовуючи відомі методи математичної статистики встановлено розподіли t_{nn} (рис. 4.2) та t_{nn} (рис. 4.3) для весняного періоду. Ці розподіли відображаються законом Вейбулла (табл. 4.1). Довірчий інтервал тривалості погожих проміжків часу для весняного періоду – 1...115 діб та непогожих проміжків часу – 1...11 діб. Інші статистичні характеристики наведено в дод. табл. В.2 та В.3.

Таблиця 4.1 – Диференціальні функції та оцінки статистичних характеристик розподілу тривалості погожих та непогожих проміжків часу

Проміжки часу	Диференціальна функція розподілу	Оцінки статистичних характеристик	
		$\bar{M}[t]$	$\bar{D}[t]$
<i>Весняний період</i>			
погожі	$f(t_{nn}^e) = 0,0349 \cdot \left(\frac{t_{nn}^e - 1}{30,512}\right)^{0,064} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t_{nn}^e - 1}{30,512}\right)^{1,064}\right]$	30,910	0,954
непогожі	$f(t_{nn}^e) = 0,554 \cdot \left(\frac{t_{nn}^e - 1}{1,743}\right)^{-0,035} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t_{nn}^e - 1}{1,743}\right)^{0,965}\right]$	2,776	1,042

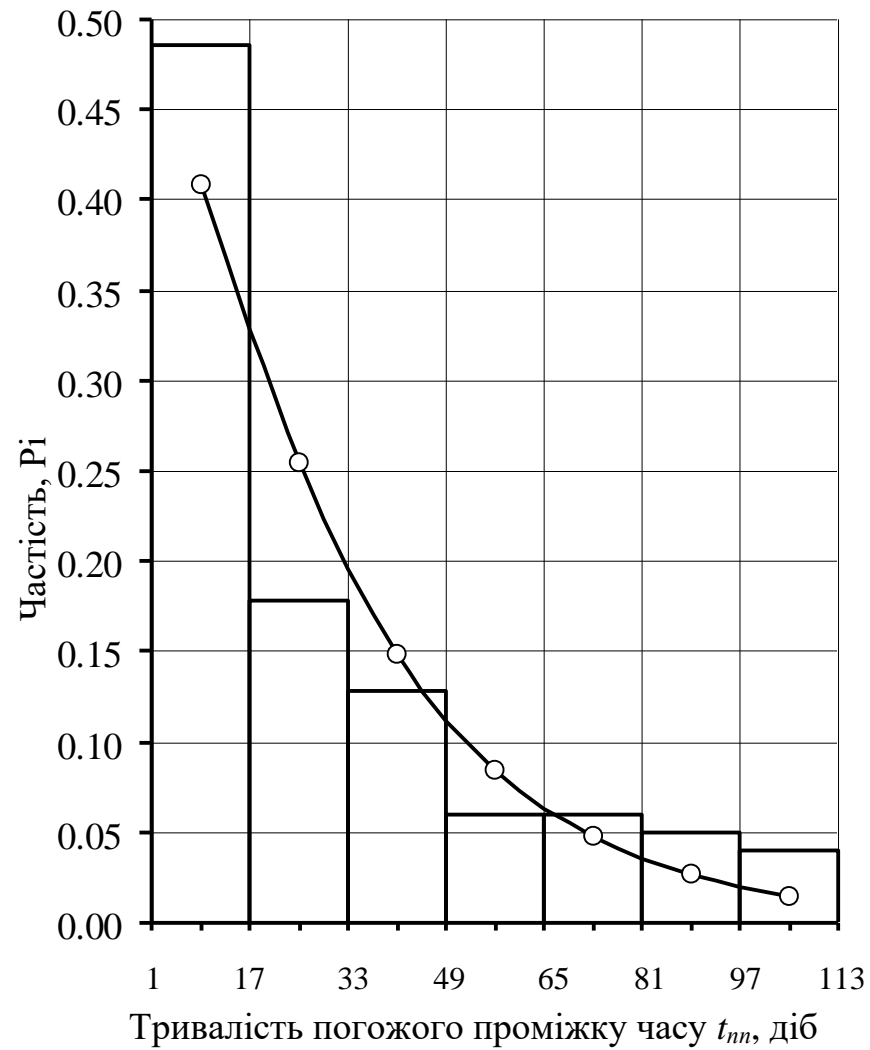


Рисунок 4.2 – Гiстограма та теоретична крива розподiлу тривалостi погожого промiжку часу у весняний

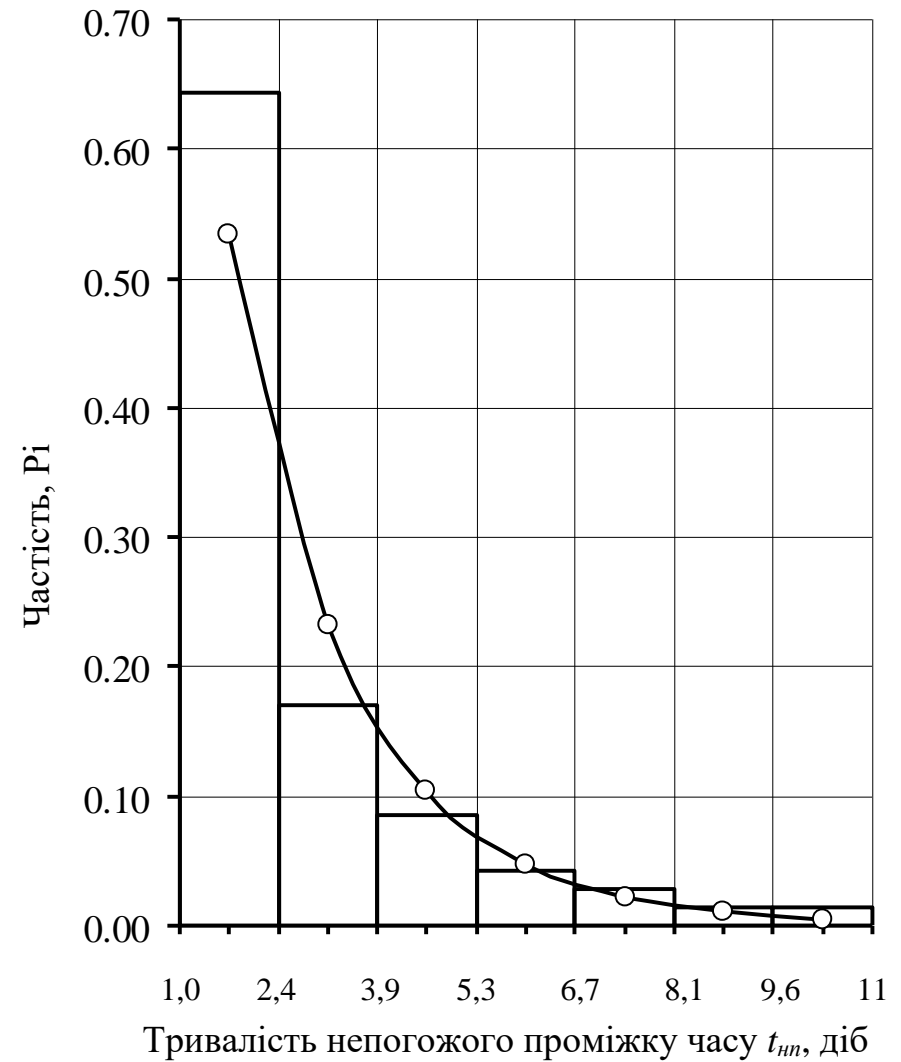


Рисунок 4.3 – Гiстограма та теоретична крива розподiлу тривалостi непогожого промiжку часу у ^{ос}

Опрацювання статистичних даних агрометеорологічних умов весняного періоду ґрунтообробного процесу здійснено за відповідними методами із використанням ПК, зокрема, програмного середовища EXCEL.

4.2. Результати дослідження закономірностей природно дозволеного фонду часу підготовки ґрунту та сівби культур

Початок ґрунтообробних робіт із підготовки ґрунту у весняний період спричинений станом ґрунту, а саме його фізико-механічними властивостями. Особливий вплив на зміну цих властивостей здійснює волога, що знаходиться у ґрунті.

З іншого боку, сівбу сільськогосподарських культур необхідно виконати за відповідних температурних умов, що настають у повітрі та ґрунті на глибині розташування насіння. Тоді, існує досить низький ймовірність того, що сходи культури змерзнуть, або ж навпаки будуть розвиватися в підвищеній температурі і пониженій вологості, та СГП втратить вкладені кошти у ґрунтообробно-посівний процес.

Тому, досить важливою і корисною інформацією для планування механізованих процесів підготовки ґрунту та сівби під час вирощування культур впродовж окремого року є знання про те, коли настане час виходу в поле для розпочинання ґрунтообробних робіт, через скільки днів ($\Delta t_{m,x,m}$) настануть температурні умови за яких можна розпочинати сівбу морозостійких, холодостійких і теплолюбних культур, а також скільки днів (ϕ_q^m) залишиться до крайнього терміну їх сівби.

Використовуючи дані з табл. 3.4. виводимо залежності (рис.4.4.) Δt (тривалість періоду, за якого ґрунт прогріється до температури сівби морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур, діб), від часу початку фізичної стиглості ґрунту для трьох видів культур.

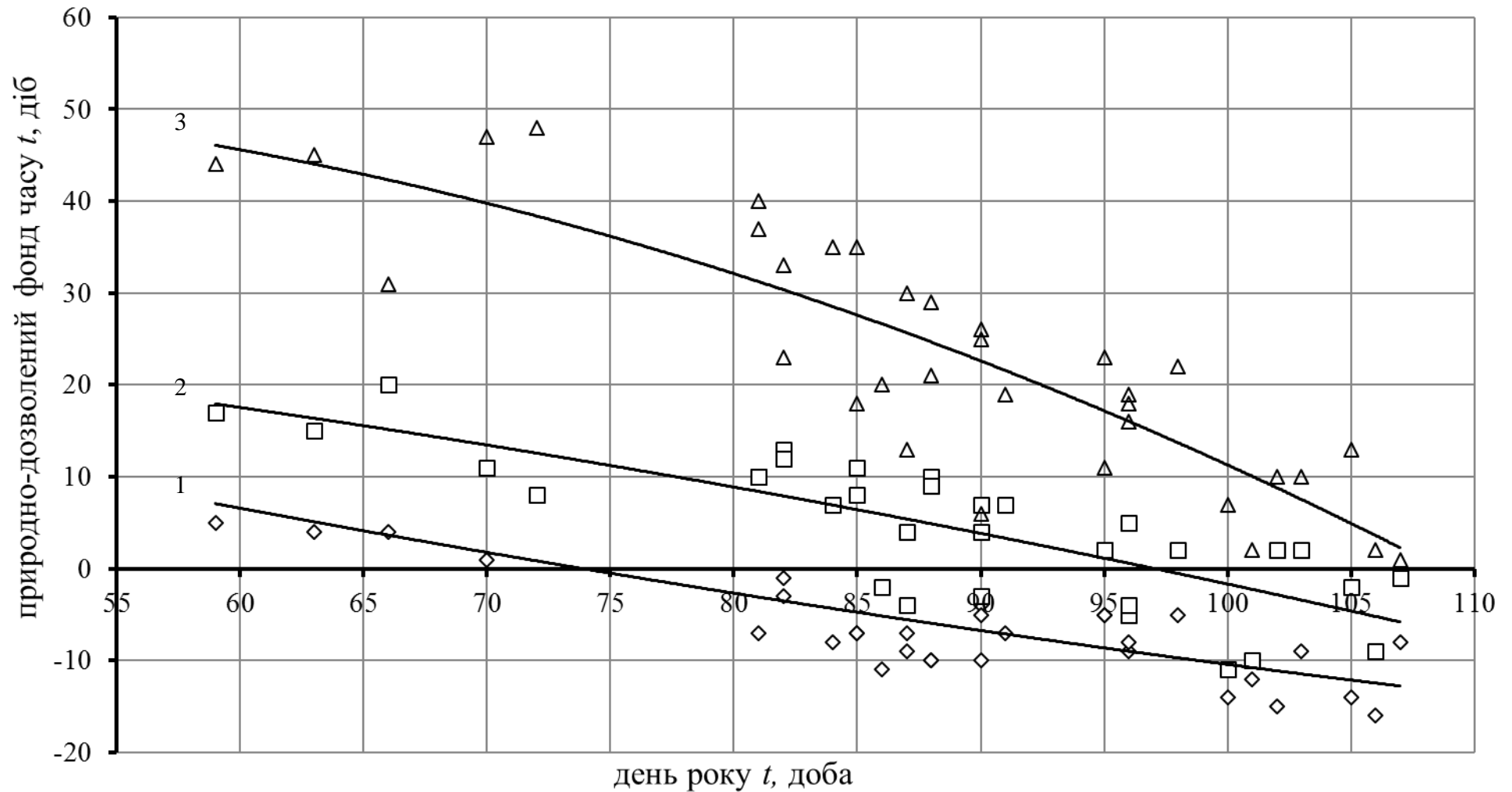


Рисунок 4.4 – Залежності тривалості природно-дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт: 1 – для температурних умов сівби морозостійких культур – 5°C ; 2 – для холодостійких культур – 8°C ; 3 – для теплолюбних культур – 12°C .

Таблиця 4.2 – Кореляційна залежність тривалості природно-дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт від часу початку фізичної стиглості ґрунту

Культури	Рівняння залежності	Коефіцієнт кореляції
Морозостійкі	$y = -0,009x^2 + 0,612x + 41,89$	0,862
Холодостійкі	$y = -0,002x^2 - 0,102x + 32,21$	0,794
Теплолюбні	$y = 0,002x^2 + 0,722x + 43,22$	0,781

Отримані залежності дають змогу розробляти організаційно-технологічні рекомендації для сільськогосподарських підприємств щодо тривалості ґрунтообробно-посівних робіт під вирощуванні культури впродовж окремого року, відповідно до календарного терміну часу початку фізичної стиглості ґрунту.

В Україні переважають середньопізні весни, тому ґрунтообробний комплекс потрібно орієнтувати це.

4.3. Результати дослідження природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт

За результатами табл. 3.3 формуються варіаційні ряди емпіричних значень проміжків погожих та непогожих рядів значень, які спостерігаються під час ґрунтообробно-посівних робіт весняного періоду для різноманітних культур.

Опрацювання цих рядів методами математичної статистики дало змогу на підставі критерію χ^2 -пірсона встановити теоретичну криву розподілу природно зумовленого фонду часу підготовки ґрунту та сівби морозостійких, холодостійких та теплолюбних культур (рис. 4.3; 4.4; 4.5.).

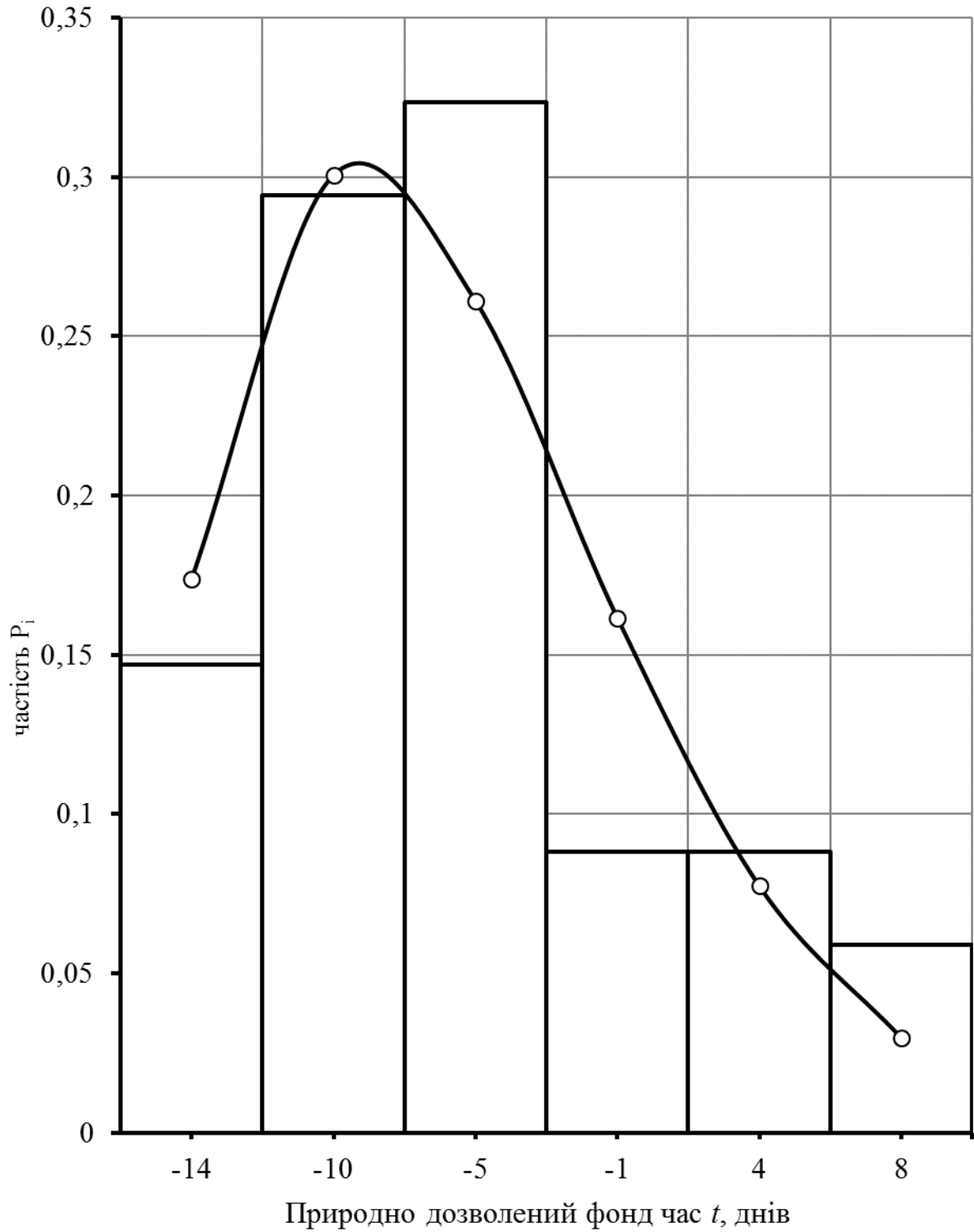


Рисунок 4.5 – Гістограма та теоретична крива розподілу природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт під морозостійкі культури (температурні умови сівби – 5°C).

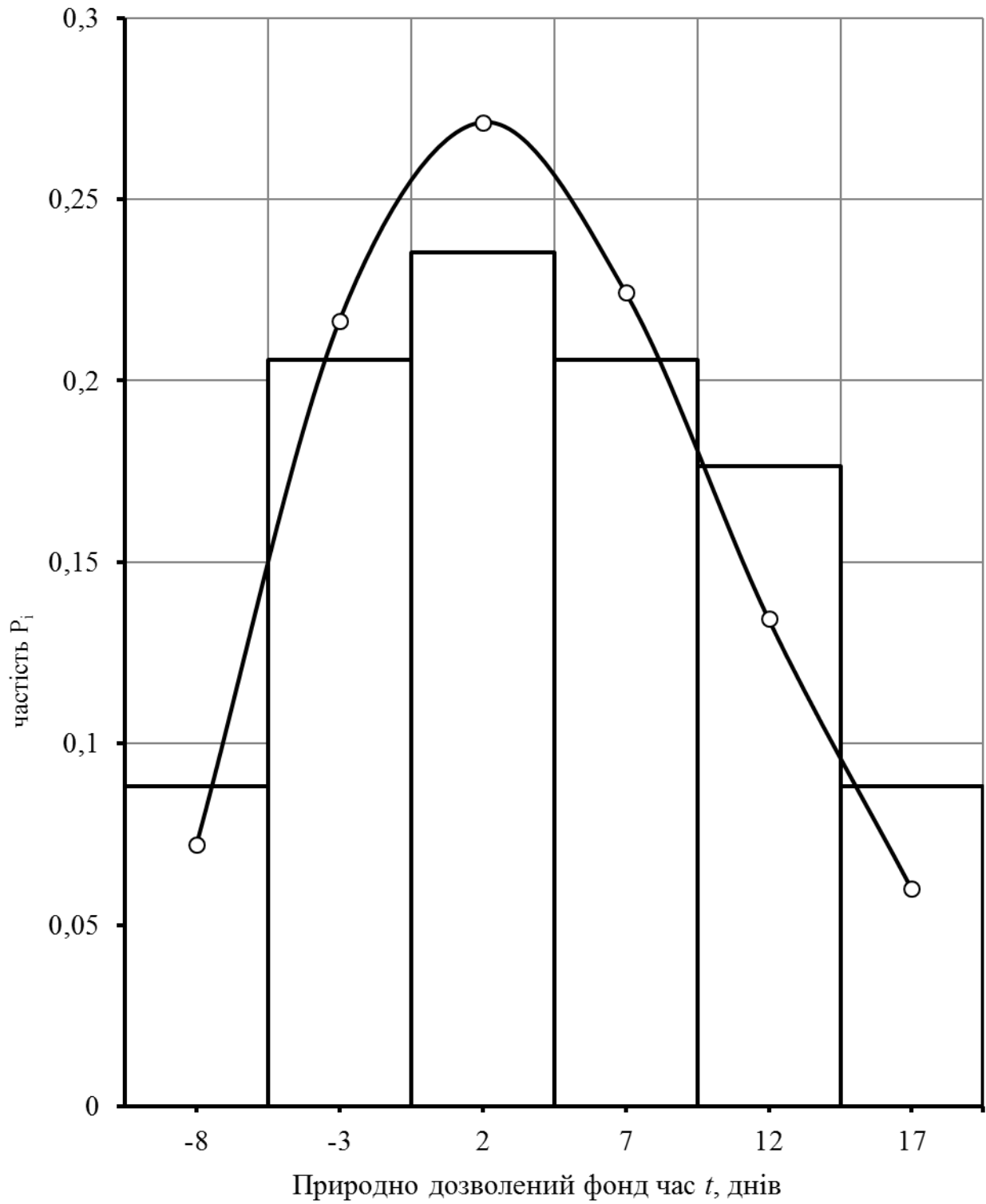


Рисунок 4.6 – Гістограма та теоретична крива розподілу природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт під холодостійкі культури (температурні умови сівби – 8°C).

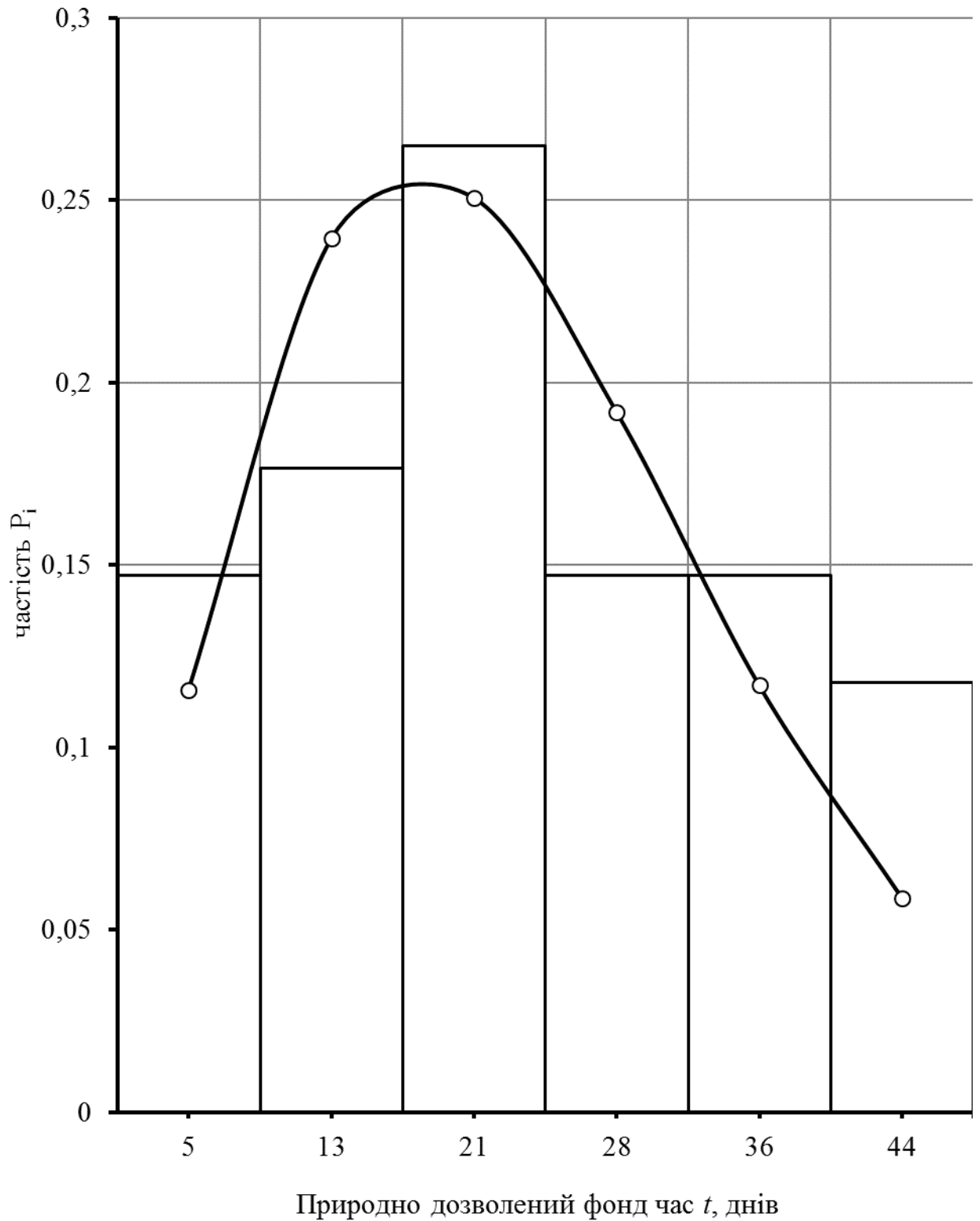


Рисунок 4.7 – Гістограма та теоретична крива розподілу природно дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт під теплолюбні культури (температурні умови сівби – 12°C).

Таким чином, агрометеорологічні умови весняного періоду впливають на календарні терміни початку ґрунтообробно-посівних робіт, їх перебіг та зумовлюють стохастичність природно-дозволеного фонду часу весняної підготовки ґрунту та сівби морозостійких, холодостійких і теплолюбних культур. На підставі цього, справедливим буде твердження, що показники ефективності виконання ґрунтообробно-посівного процесу також є ймовірною величиною.

Таблиця 4.3 – Диференціальні функції та оцінки статистичних характеристик розподілу тривалості природно-дозволеного фонду часу ґрунтообробно-посівних робіт.

Культури	Диференціальна функція розподілу	Оцінки статистичних характеристик	
		$\bar{M}[t]$	$\bar{U}[t]$
морозостійкі	$f(t_{nn}^e) = 6,229 \cdot \left(\frac{t_{nn}^e - 1}{11,461}\right)^{-0,784} \cdot \exp\left[-\left(\frac{(t_{nn}^e - 1)^2}{11,461}\right)^{1,784}\right]$	-5,804	0,575
холодостійкі	$f(t_{nn}^e) = 7,984 \cdot \left(\frac{t_{nn}^e - 1}{17,159}\right)^{-1,149} \cdot \exp\left[-\left(\frac{(t_{nn}^e - 1)^2}{17,159}\right)^{2,149}\right]$	4,196	0,489
теплолюбні	$f(t_{nn}^e) = 13,404 \cdot \left(\frac{t_{nn}^e - 1}{24,905}\right)^{-0,858} \cdot \exp\left[-\left(\frac{(t_{nn}^e - 1)^2}{24,905}\right)^{1,858}\right]$	23,118	0,555

Природно зумовленого фонду часу підготовки ґрунту та сівби культур змінюються за такими законами: морозостійких і холодостійких розподіляються за нормальним законом розподілу, а теплолюбні за законом розподілу Вейбулла.

Висновки до розділу 4

1. Агрометеорологічні умови весняного періоду значно впливають на календарні терміни початку ґрунтообробно-посівних робіт, їх перебіг, а також визначають стохастичність природно дозволеного фонду часу для весняної підготовки ґрунту та сівби сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим показники ефективності ґрунтообробно-посівного процесу, виконуваного заданим комплексом машин, також є ймовірнісними величинами.

2. Аналіз за допомогою програми EXCEL дозволив побудувати залежності (рис. 4.4) тривалості природно дозволеного фонду часу для весняної підготовки ґрунту та ґрунтообробно-посівних робіт під морозостійкі, холодостійкі та теплолюбні культури. Було також визначено рівняння залежностей і коефіцієнти кореляції, які наведені у таблиці 4.2.

3. Додаткове опрацювання початкових даних агрометеорологічних умов весняного періоду дозволило отримати статистичні характеристики розподілу тривалості природно дозволеного фонду часу та визначити математичне сподівання для різних типів культур: холодостійкі культури – 4 доби; морозостійкі культури – 6 діб; теплолюбні культури – 23 доби. Результати включають диференціальні функції та оцінки статистичних характеристик розподілу тривалості природно дозволеного фонду часу (табл. 4.3).

4. Встановлені розподіли часу дозволяють розробляти організаційно-технологічні рекомендації для підприємств щодо термінів виконання ґрунтообробно-посівних робіт. Завдяки цим розподілам сільськогосподарські підприємства можуть створювати нові або коригувати існуючі стратегії виробництва сільськогосподарських культур.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Моделювання процесу виникнення травм та аварій

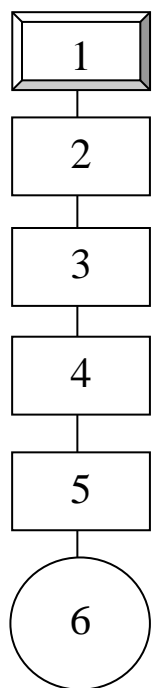
Метод логічного моделювання процесів формування виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, будівель виробничих процесів і технологій [10, 13].

Аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови «дерева» відказів та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві. Так побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм при роботі на заточувальних і токарних верстатах, на деревообробних пристроях та верстатах, моделі дорожньо-транспортних пригод, пожеж на складах баз паливно-мастильних матеріалів, на підприємствах комбікормової промисловості, птахофабриках, моделі травм при виконанні газо-, електрозварювальних робіт, аварій при експлуатації посудин, що працюють під тиском та багато інших [10, 13].

Аналіз моделей процесів формування й виникнення аварій, травм і катастроф показав, що вони повністю імітують усі процеси та явища, що беруть участь у їх зародженні й виникненні. У зв'язку з цим моделі, що одержали назву «дерево відказів» та «дерево відказів техніки помилок оператора», можна назвати імітаційними оскільки виникнення кожної наступної події знаходять шляхом логічного аналізу попередніх, то для кращого розуміння суті таких моделей їх можна назвати логіко-імітаційними.

Основні принципи побудови моделі такі. Вивчається виробництво, на якому мали місце раніше або можуть мати місце аварії, виробничі травми чи

катастрофи. Наприклад, на складах зберігання вибухових речовин (пестициди, мінеральні добрива, склади зберігання палива тощо) найнебезпечнішим явищем може бути вибух або загоряння речовини. Приймаючи подію «вибух» як головну і зв'язуючи цю подію шляхом логічного аналізу з наступною подією, що обумовлює її виникнення, за допомогою логічних операторів «І», «АБО» та інших, приходимо до кінцевих подій, з яких і починає формуватися головна подія «вибух». За своєю



формою така модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву «дерево відказів і помилок». Кінцеві події мають назву базових [10, 13].

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

Рисунок 5.1 – Схема основних принципів побудови логіко-імітаційних моделей [13]

Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, означає подію (у загальному вигляді) або окремий етап побудови моделі: 1 – відказ (аварія, травма, катастрофа) системи – головна подія; 2 – послідовність подій, що призводять до відказу системи; 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів «І», «АБО» та інших; 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині; 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі; 6 – базові події зображують у вигляді кружечків із написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі («дерева помилок»).

5.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм

Опишемо методику побудови логічно-імітаційної моделі. Головною причиною, яка зумовлює виникнення травми, модель якої необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва виникає.

Після вибору домінуючого явища (події) розпочинаємо побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”, використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як домінуюча чи головна [10, 13].

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

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

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною. Визначаємо ймовірність базових подій. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3.

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

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

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

- | | |
|--|------------------|
| 1. . Стан охорони праці на виробництві | $P_1 = 0,3;$ |
| 2. . Несерйозне відношення до проходження ТО | $P_2 = 0,09;$ |
| 3. . Відсутність комплектуючих | $P_3 = 0,15;$ |
| 4. . Невисока міцність | $P_4 = 0,08;$ |
| 5. . Виникнення перешкод на полі під час робочого ходу | $P_6 = 0,16;$ |
| 6. . Застарілі технічні засоби | $P_7 = 0,25;$ |
| 7. . Досвід роботи | $P_{12} = 0,5;$ |
| 8. . Професійний рівень тракториста | $P_{13} = 0,5;$ |
| 9. . Психофізіологічний стан тракториста | $P_{14} = 0,32;$ |

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

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

Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,3 + 0,09 + 0,08 + 0,15 - 0,3 \cdot 0,09 - 0,3 \cdot 0,08 - 0,3 \cdot 0,15 - \\ - 0,09 \cdot 0,08 - 0,09 \cdot 0,15 - 0,08 \cdot 0,15 + 0,3 \cdot 0,09 \cdot 0,08 \cdot 0,15 = 0,49$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так:

$$P_{10} = 0,3 + 0,09 = 0,39$$

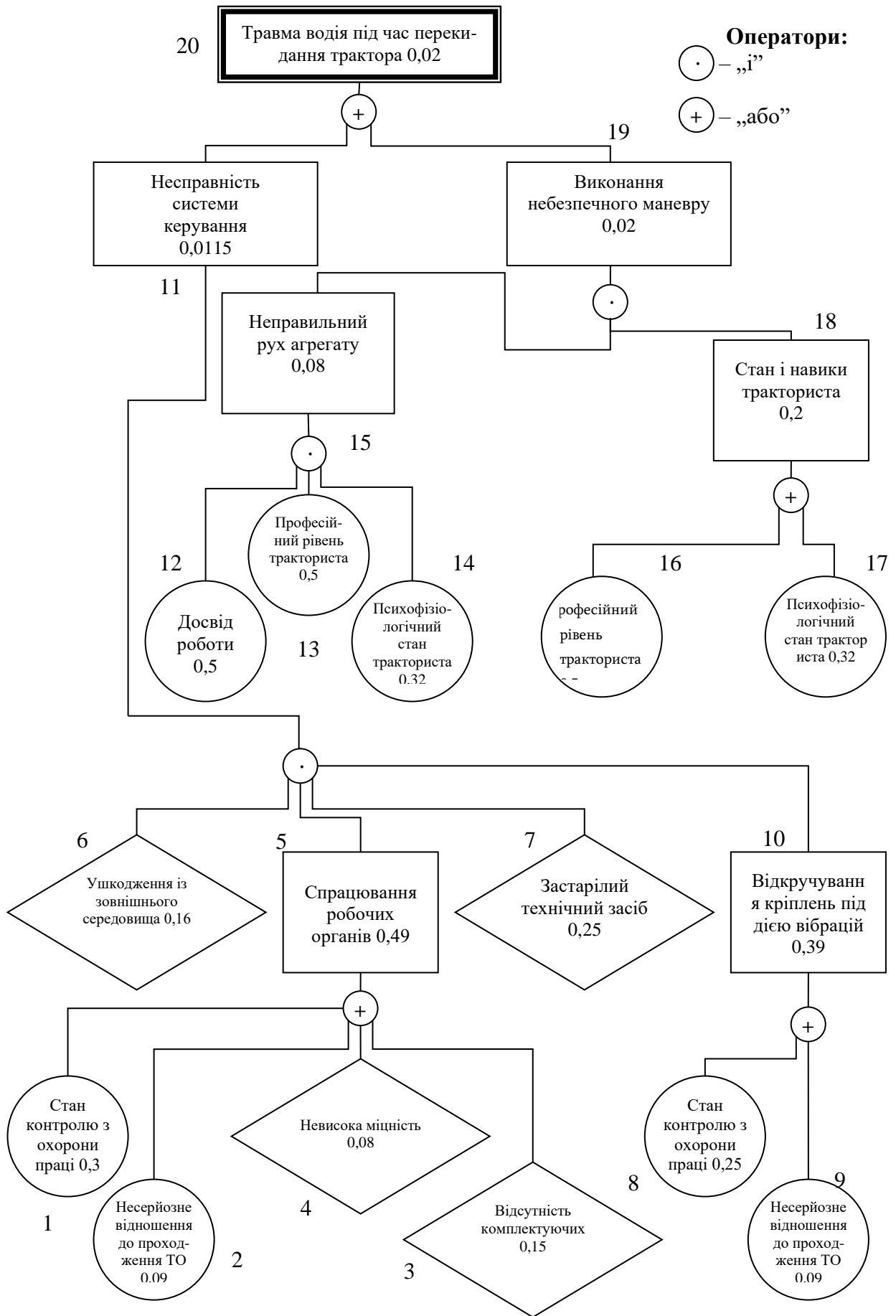


Рисунок 5.2. – Матриця логічних взаємозв’язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

$$P_{11} = 0,2 \cdot 0,49 \cdot 0,3 \cdot 0,39 = 0,0115$$

Ймовірність виникнення події P_{15} визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,32 = 0,08$$

Ймовірність події P_{18} :

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

Ймовірність події P_{19} :

$$P_{19} = 0,08 \cdot 0,16 = 0,0128$$

Ймовірність події P_{20} :

$$P_{20} = 0,0115 + 0,0128 = 0,0243$$

За нашими розрахунками ймовірність виникнення травми тракториста під час перекидання ґрунтообробного агрегату є досить мала і становить $P_{20} = 0,0243$.

Дослідження аварій і травм за принципом “логіко-імітаційної моделі”, та обґрунтування заходів охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця тракториста, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку тракториста і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

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

Згідно із Законом “Про цивільну оборону України” відповідальність за організацію цивільної оборони лягає на керівництво підприємства. Керівництво підприємств повинно забезпечити працівників засобами захисту (індивідуального та колективного), створює загони для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [28].

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

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

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

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

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

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

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

Висновки до розділу 5

1. У процесі механізованої підготовки ґрунту та сівби культур існує висока ймовірність виникнення ситуацій, які можуть негативно вплинути на здоров'я виконавця робіт. Охорона праці на робочому місці тракториста, як у кабіні трактора, так і поблизу нього, має значний вплив на ефективне використання робочого часу та загальну продуктивність машини.

2. Застосування методу побудови "дерева" відмов і помилок операторів, запропонованого Д. Хенлі та Х. Кумамото, дозволяє проводити математичний аналіз моделей, спрямованих на оцінку ймовірності виникнення таких подій, як аварії, травми, катастрофи та ДТП. Цей метод логічного моделювання доцільно використовувати для аналізу існуючих і потенційних небезпек, що виявляються під час обстеження робочих місць, конкретних марок техніки, агрегатів, а також виробничих споруд, будівель і технологій.

3. Методика оцінки рівня безпеки робочих місць, техніки, виробничих процесів і об'єктів базується на пошуку об'єктивного критерію оцінки рівня безпеки для конкретного об'єкта. Як основний показник використовується ймовірність виникнення аварії чи травми залежно від досліджуваних факторів.

4. У сучасних умовах ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру постійно зростає. У зв'язку з цим важливо підвищувати обізнаність цивільного населення щодо необхідних дій у разі надзвичайних ситуацій. Також необхідно створювати та підтримувати матеріальну базу для захисту населення в таких випадках.

6. КІЛЬКІСНЕ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ГРУНТООБРОБНО-ПОСІВНИХ РОБІТ ВЕСНЯНОГО ПЕРІОДУ

Перш за все визначимо експлуатаційні витрати на виконання цього процесу із використанням розглянутих машинних агрегатів [8, 9, 15, 17, 24]:
Питомі експлуатаційні (грошові) витрати C_E (грн/га) знайдемо із формули:

$$C_E = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (6.1)$$

де C_1 – оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн./га;
 C_2 – вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн./га;
 C_3 – відрахування на реновацію трактора і сільськогосподарських машин, які входять до складу агрегату, грн./га; C_4 – відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування, грн./га.

Чисельність трактористів-машиністів та допоміжних працівників приймають відповідно до сільськогосподарських машин і прийнятої схеми обслуговування агрегату. Оплата праці обслуговуючого персоналу дорівнює, грн/га [15, 24]:

$$C_1 = \frac{n_1 \cdot T_1 + n_2 \cdot T_2 + \dots + n_n \cdot T_n}{W_{год}} \quad (6.2)$$

де n_1, n_2, \dots, n_n – чисельність працівників, які обслуговують агрегат, окремо за кожною кваліфікацією (розрядом); T_1, T_2, \dots, T_n – годинна оплата праці працівника кожної кваліфікації, грн./год.; $W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

Витрату палива на одиницю роботи приймають за довідковою літературою, або нормами витрати палива, які діють у господарстві. Витрату палива на весь обсяг робіт визначають множенням витрати палива на обсяг роботи [15, 24].

Вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./га, можна визначити за формулою:

$$C_2 = C_K \cdot G_{II} \quad (6.3)$$

де C_K – комплексна ціна одного кілограма палива, грн./кг; G_{II} – питома витрата палива, кг/га.

Амортизаційні відрахування на реновацію машин в агрегаті, грн./га, дорівнюють

$$C_3 = \frac{B_T \cdot a_T \cdot k_3}{100 \cdot S} + \frac{B_M \cdot n_M \cdot a_M}{100 \cdot S} \quad (6.4)$$

де $B_T, B_{зч}, B_M$ – балансова вартість відповідно трактора, зчіпки, і машини, грн.; $a_T, a_{зч}, a_M$ – норми відрахувань на реновацію відповідно трактора, зчіпки і машин, %; S – сезонне навантаження машинного агрегату, га; k_3 – коефіцієнт зайнятості трактора на виконанні заданої технологічної операції ($k_3=0,08$); n_M – кількість машин, що знаходяться в скомплектованому МТА.

Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн./га, становлять [15, 24]:

$$C_4 = \frac{B_T \cdot P_T}{W_{год} \cdot S} + \frac{B_M \cdot n_M \cdot P_M}{W_{год} \cdot S} \quad (6.5)$$

де $P_T, P_{зч}, P_M$ – норма відрахувань поточний ремонт і технічне обслуговування відповідно трактора, зчіпки і машин, %.

Проведемо розрахунок експлуатаційних витрат для прийнятого комплексу машин та площам посівних культур, які вирощуються середнім статистичним господарством. Розрахунки будуть проводитись для випадку ранньої весни, тому, що в цьому випадку на відміну пізньої весни, є достатньо часу для проведення всіх операцій що пов'язані із вирощуванням сільськогосподарських культур.

Таблиця 6.1 – Операції, що проводяться під час ґрунтообробно-посівних робіт.

Операції	Яра пшениця				Ярий ячмінь				Овес				
	МГА	продуктивність	витрата палива	площа	МГА	продуктивність	витрата палива	площа	МГА	продуктивність	витрата палива	площа	
Боронування	-	-	-	50,855	-	-	-	47,355	-	-	-	58,065	
Культивація з боронуванням	-	-	-		-	-	-		-	-	-		-
Передпосівний обробіток ґрунту	ХТЗ -150К-09+ КПС-4	6,28	9,4		ХТЗ -150К-09+ КПС-4	6,28	9,4		ХТЗ -150К-09+ КПС-4	6,28	9,4		
Сівба	ХТЗ -150К-09+ СЗЩ-12	10	7,0		ХТЗ -150К-09+ СЗЩ-12	10	7,0		ХТЗ -150К-09+ СЗЩ-12	10	7,0		
Операції	Картопля				Ц. буряки				Кукурудза				
	МГА	продуктивність	витрата палива	площа	МГА	продуктивність	витрата палива	площа	МГА	продуктивність	витрата палива	площа	
Боронування	ХТЗ-150-0,9+СГ+ 21БЗСС-1,0	15,7	9,6	13,02	ХТЗ -150К-09+СГ+ 21БЗСС-1,0	15,7	9,6	3,5	ХТЗ -150К-09+СГ+ 21БЗСС-1,0	15,7	9,6	21,525	
Культивація з боронуванням	-	-	-		-	-	-		-	ХТЗ -150К-09+ КПС-4	6,28		9,6
Передпосівний обробіток ґрунту	ХТЗ -150К-09+ КПС-4	6,28	9,4		ХТЗ -150К-09+ КПС-4	6,28	9,4		ХТЗ -150К-09+ КПС-4	6,28	9,4		
Сівба	ХТЗ -150К-09+ СКП-12	7	7,0		ХТЗ -150К-09+ ССТ-18Б	4,3	7,0		ХТЗ -150К-09+ КСМГ-6А	3,8	7,0		

Визначаємо оплату праці обслуговуючого персоналу під час:

- боронування

$$C_{1б} = \frac{1 \cdot 136,05}{15,7} = 8,67 \text{ грн/га};$$

- під час культивації

$$C_{1к} = \frac{1 \cdot 136,05}{6,28} = 21,66 \text{ грн/га};$$

- під час передпосівного обробітку ґрунту

$$C_{1н} = \frac{1 \cdot 136,05}{6,28} = 21,66 \text{ грн/га};$$

- під час посіву

$$C_{1с} = \frac{1 \cdot 136,05 + 1 \cdot 108,84}{10} = 24,49 \text{ грн/га}.$$

Визначаємо вартість паливно-мастильних матеріалів на виконання технологічної операції:

- під час боронування дорівнює

$$C_{2б} = 49,99 \cdot 9,6 = 479,90 \text{ грн/га};$$

- під час культивації:

$$C_{2к} = 49,99 \cdot 9,4 = 469,91 \text{ грн/га};$$

- під час передпосівного обробітку ґрунту:

$$C_{2н} = 49,99 \cdot 9,4 = 469,91 \text{ грн/га};$$

- під час посіву:

$$C_{2с} = 49,99 \cdot 7,0 = 349,93 \text{ грн/га}.$$

Визначаємо амортизаційні відрахування на реновацію машин в агрегаті:

- під час боронування дорівнює

$$C_{3б} = \frac{2250000 \cdot 15 \cdot 0,02}{100 \cdot 350} + \frac{130000 \cdot 12}{100 \cdot 350} = 63,86 \text{ грн/га};$$

- під час культивуації та передпосівного обробітку (тому, що ці операції виконуються одним і тим же МТА):

$$C_{3б} = \frac{2250000 \cdot 15 \cdot 0,094}{100 \cdot 350} + \frac{420000 \cdot 12}{100 \cdot 350} = 234,64 \text{ грн/га};$$

- під час посіву:

$$C_{3с} = \frac{2250000 \cdot 15 \cdot 0,094}{100 \cdot 350} + \frac{700000 \cdot 12}{100 \cdot 350} = 330,64 \text{ грн/га.}$$

Визначаємо відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування:

- під час боронування дорівнює

$$C_{4б} = \frac{2250000 \cdot 11,5}{15,7 \cdot 1350} + \frac{130000 \cdot 7}{15,7 \cdot 120} = 17,04 \text{ грн/га};$$

- під час культивуації та передпосівного обробітку ґрунту:

$$C_{4к.н} = \frac{2250000 \cdot 11,5}{6,28 \cdot 1350} + \frac{420000 \cdot 12}{6,28 \cdot 200} = 70,65 \text{ грн/га};$$

- під час посіву:

$$C_{4с} = \frac{2250000 \cdot 11,5}{10 \cdot 1350} + \frac{700000 \cdot 7}{100 \cdot 198} = 43,91 \text{ грн/га.}$$

Загальні витрати на ґрунтообробно-посівні роботи становлять:

$$C_E = 1569,77 + 796,86 + 796,86 + 748,97 = 2912,46 \text{ грн/га};$$

Визначені експлуатаційні витрати дають нам змогу оцінити скільки ми затрачаємо коштів під час виконання ґрунтообробно-посівних робіт. Але цей показник не дає нам повної інформації, що стосується ґрунтообробно-посівних робіт тому, що прийнятий комплекс машин має різну продуктивність (при виконанні різних операцій), і при випадку ранньої чи пізньої весни, змінюються строки виконання певної операції. Прийнятий комплекс машин в різних випадках настання весни може не справлятися із

строками виконання поставленої перед ним задачі. Якщо МТА не вкладається в поставлені строки виконання операції, то після певної точки (кінця оптимального терміну посіву сільськогосподарських культур) почнуться втрати урожаю.

Визначити втрати врожаю на такому етапі вирощування сільськогосподарських культур важко, але цілком можливо. Для того, щоб визначити втрати спочатку ми підраховуємо несвоєчасність завершення посіву культур, га·діб за виразом:

$$Z_k^i = \Sigma(S_{k1} \cdot t_k) + \Sigma(S_{k0.5} \cdot 0,5t_k) \quad (6.6)$$

де S_{k1} – площа на якій запізнюється виконання операції посіву і яка стоїть до завершення робочого дня, га.; $S_{k0.5}$ – площа на якій запізнюється виконання операції посіву але до завершення робочого дня посівні роботи на ній завершені, га.; t_k – час запізнення виконання операції посіву, днів.

Втрати врожаю можна визначити маючи коефіцієнти втрати урожаю сільськогосподарських культур внаслідок затримки технологічної операції на одну добу, кількість днів затримки виконання операції та середньостатистичну врожайність даної культури на даному типі ґрунтів, ц/га

$$B_V = Z_k^i \cdot Y \cdot k \quad (6.7)$$

де Y – орієнтована (розрахункова) урожайність сільськогосподарської культури, ц./га.; k – коефіцієнт втрати урожаю сільськогосподарських культур внаслідок затримки технологічної операції на одну добу.

Наші втрати можна виразити в грошовому еквіваленті грн./га, за виразом:

$$B_G = B_V \cdot C \quad (6.8)$$

де C – вартість одного центнера врожаю, грн.

Розрахунки було проведено в середовищі Excel і подані в наступних таблицях:

Таблиця 6.2 – Вартісне оцінення втрат підприємства для умов середньої весни.

простій площі до кінця посіву	урожайність, ц/га	несвоєчасність в га·діб.	втрати, ц	вартість, грн/ц	втрати, грн
Яра пшениця	45	25,4275	9,154	910	8330,049
Ярий ячмінь	37,2	71,0325	31,71	770	24415,86
Овес	27	203,2275	66,94	650	43513,04
Σ	-----	299,6875	-----	-----	76258,95
Втрати грн/га					217,88

Таблиця 6.3 – Вартісне оцінення втрат підприємства для умов пізньої весни.

простій площі до кінця посіву	урожайність, ц/га	несвоєчасність в га·діб.	втрати, ц	вартість, грн/ц	втрати, грн
Яра пшениця	45	381,4125	137,3085	910	124950,7
Ярий ячмінь	37,2	402,5175	179,68381	770	138356,5
Овес	27	609,6825	200,82942	650	130539,1
Картопля	200	58,59	175,77	2526	443995
Ц. буряки	450	15,75	80,7975	1556	125720,9
Σ		1467,9525			963562,3
Втрати грн/га					2753,035

Всі ці втрати та їх зміна між різними випадками настання весен (рання, середня, пізня) відбуваються за таким графіком, рис. 6.1.

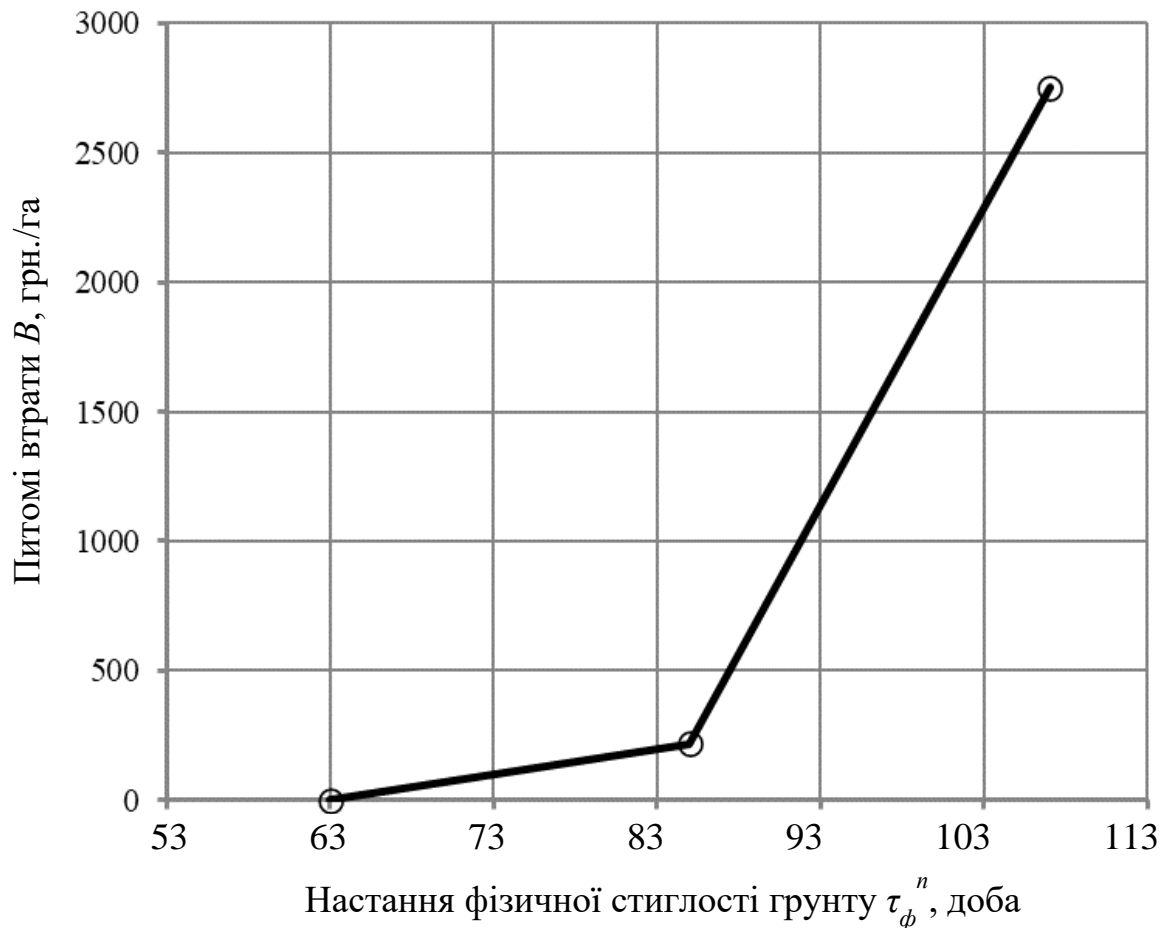


Рисунок 6.1 – Зростання втрат при різних випадках настання фізичної стиглості ґрунту

З графіку видно, що чим пізнішому завершенні посівних робіт різко збільшуються втрати врожаю культур. Зменшити ці втрати можна збільшивши кількість МТА, або збільшивши їх продуктивність. Але підвищення продуктивності або кількості МТА призведе до збільшення простою техніки та простою посівних площ, як це відбувається з прийнятим МТА у випадку настання ранньої весни рис. 6.2.

Всі ці простої техніки та площ є тісно пов'язані одне з одним, тому, що збільшивши кількість МТА для того, щоб справитись з усіма роботами вчасно в випадку пізньої весни, ми тим самим збільшуємо простої в випадках настання середньої та ранньої весен.

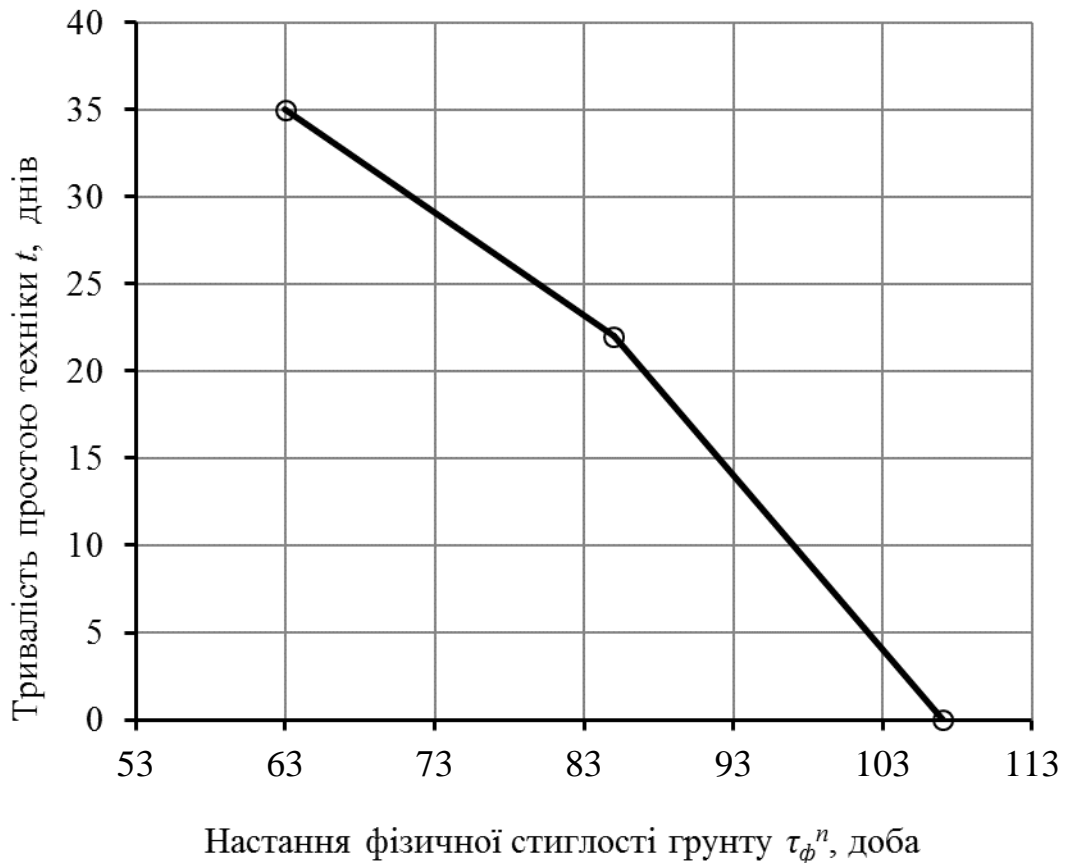


Рисунок 6.2 – Простої техніки



Рисунок 6.3 – Простої посівних площ

Висновки до розділу 6

1. Розрахунок експлуатаційних витрат дозволяє оцінити, скільки коштів витрачають сільськогосподарські підприємства (СГП) під час виконання ґрунтообробно-посівних робіт. Аналіз витрат для різних комплексів машин дає змогу виробнику вибрати найбільш економічний варіант техніки для вирощування конкретних культур.

2. Оцінка втрат урожаю сільськогосподарських культур за різних умов настання фізичної стиглості ґрунту (табл. 6.2, 6.3) допомагає СГП визначити, які втрати вони можуть зазнати через затримку посівних робіт. Уникнути цих втрат можна шляхом збільшення кількості ґрунтообробно-посівних агрегатів. Однак це призведе до простоїв техніки, що також спричинить втрати. Тому необхідно знаходити компромісні рішення.

3. Встановлено, що для різних варіантів календарних термінів початку фізичної стиглості ґрунту, обраного комплексу машин та середньостатистичних площ під морозостійкі, холодостійкі та теплолюбні культури в Яворівському районі ефективність роботи комплексу машин залежить від обставин: за ранньої весни роботи виконуються вчасно, із простоем техніки в межах 35 діб; за пізньої весни механізовані роботи затримуються на 12 діб, що призводить до втрат урожаю в розмірі 2753,035 грн/га (загалом 963562,3 грн).

4. Результати експериментів показали, що продуктивність існуючого комплексу машин за різних умов настання фізичної стиглості ґрунту є такою: недостатня (за пізньої весни); задовільна (за середньої весни); надлишкова (за ранньої весни).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Аналіз виробництва основних сільськогосподарських культур в Україні, зокрема у Львівській області, показав зростання обсягів виробництва. Для підтримання цього темпу необхідно приділяти особливу увагу ґрунтообробним і посівним роботам, адже їх затримка призводить до значних втрат урожаю.

2. Існуючі методи та моделі дослідження механізованих процесів дозволяють визначити ключові аспекти, такі як терміни початку, оптимальна тривалість роботи машинних агрегатів, складу машинно-тракторного парку та кількість техніки для певної площі. Проте, вони мають недоліки, які обмежують можливість об'єктивного обґрунтування параметрів комплексів ґрунтообробних машин відповідно до виробничих програм сільськогосподарських підприємств.

3. Агротехнічні вимоги не повністю відповідають біологічним потребам культур. Наприклад, найкраща здатність до проростання насіння спостерігається при вологості ґрунту 30%, тоді як сільськогосподарська техніка може працювати лише при вологості 15–18%.

4. Через стохастичний характер агрометеорологічних умов весняного періоду, вимоги культур до температури сівби та їх біологічні особливості природно дозволений фонд часу для ґрунтообробно-посівних робіт є ймовірнісною величиною. Це врахування дозволяє обґрунтовувати технологічну ефективність комплексів машин із заданими параметрами.

5. Розроблений метод дослідження природно дозволеного фонду часу для ґрунтообробно-посівних робіт під різні типи культур враховує ймовірнісну дію агрометеорологічних факторів та кількісно оцінює тривалість цього фонду на основі часу фізичної стиглості ґрунту, погожих і непогожих періодів, а також термінів настання оптимальних температур для сівби.

6. Проведення досліджень, аналіз їхніх результатів і обґрунтування статистичних характеристик дозволяє вирішити такі завдання: а) оцінити, яку площу можна обробити з певною продуктивністю за доступний час; б) оптимально розподілити площі під морозостійкі, холодостійкі та теплолюбні культури; в) реструктурувати машинно-тракторний парк для своєчасного виконання всіх робіт.

7. Агрометеорологічні умови визначають календарні терміни початку ґрунтообробно-посівних робіт, їхню тривалість та стохастичність природно дозволеного фонду часу, що також впливає на ефективність роботи комплексів машин.

8. Додатковий аналіз даних агрометеорологічних умов дозволив отримати статистичні характеристики тривалості природно дозволеного фонду часу: морозостійкі культури – 6 діб; холодостійкі культури – 4 доби; теплолюбні культури – 23 доби. Ці результати наведені у таблиці 4.3 із відповідними диференціальними функціями.

9. Метод побудови "дерева" відмов і помилок, розроблений Д. Хенлі та Х. Кумамото, дозволяє математично моделювати ймовірність виникнення аварій, травм чи інших небезпечних ситуацій. Цей метод доцільно використовувати для аналізу існуючих і потенційних ризиків на робочих місцях, а також при оцінці техніки, виробничих споруд і технологій.

10. Зростаючий ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру вимагає підвищення обізнаності населення щодо дій у таких ситуаціях. Необхідно створювати та підтримувати матеріальну базу захисту для забезпечення безпеки населення.

11. Оцінка втрат урожаю сільськогосподарських культур за різних умов настання фізичної стиглості ґрунту (табл. 6.2, 6.3) допомагає СГП визначити, які втрати вони можуть зазнати через затримку посівних робіт. Уникнути цих втрат можна шляхом збільшення кількості ґрунтообробно-посівних агрегатів. Однак це призведе до простоїв техніки, що також спричинить втрати. Тому необхідно знаходити компромісні рішення.

12. Встановлено, що для різних варіантів календарних термінів початку фізичної стиглості ґрунту, обраного комплексу машин та середньостатистичних площ під морозостійкі, холодостійкі та теплолюбні культури в Яворівському районі ефективність роботи комплексу машин залежить від обставин: за ранньої весни роботи виконуються вчасно, із простоем техніки в межах 35 діб; за пізньої весни механізовані роботи затримуються на 12 діб, що призводить до втрат урожаю в розмірі 2753,035 грн/га (загалом 963562,3 грн).

13. Результати експериментів показали, що продуктивність існуючого комплексу машин за різних умов настання фізичної стиглості ґрунту є такою: недостатня (за пізньої весни); задовільна (за середньої весни); надлишкова (за ранньої весни).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В., Сидорчук О. В., Луб П. М., Тригуба А.М. Планування проектів вирощування сільськогосподарських культур на основі статистичного імітаційного моделювання: монографія. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2014. 224 с.
2. Бомба М.Я. Наукові і практичні основи обробітку ґрунту: Навчальний посібник / Бомба М.Я., Томашівський З.М. Івано-Франківськ : Галичина, 2003. 148 с.
3. Бондар С.М. Обґрунтування раціонального складу та ефективного використання комплексів машин для основного обробітку ґрунту в умовах зони Полісся України: автореф. дис.... канд. тех. наук. Київ, 2002. 19 с.
4. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
5. Вітвіцький В. В., Демчак І. М., Пивовар В. С. Типові норми продуктивності і витрат палива на ґрунтообробних роботах. Київ: НДІ «Укragропромпродуктивність», 2005. 544 с.
6. Гайдучок В. М., Затхей Б. І., Лінник М. К. Теорія і технологія наукових досліджень: навч. посібник. Львів: Афіша, 2005. 232 с.
7. Державна служба статистики України. URL: www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 16.08.2024).
8. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В. І. Пастухова. Харків : "Веста" 2001. 347 с.
9. Експлуатація машин і оладнання: навчально-методичний комплекс [навч. посіб. Для студентів інженерних спеціальностей осв.-кваліф. Рівня «Бакалавр»] / І.М. Бендера, В.П. Грубий, П.І. Роздорожнюк та ін. / за ред. І.М. Бендери, В.П. Грубого, П.І. Роздорожнюка. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2013. 576 с.
10. Жидецький В.Н., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2001. 349 с.

11. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 191 с.
12. Кушлик-Дивульська О. І., Поліщук Н. В., Орел Б. П., Штабальок П. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 212 с.
13. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 220 с.
14. Луб П.М. Обґрунтування параметрів комплексу ґрунтообробних машин сільськогосподарського підприємства : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Львів, 2006. 20 с.
15. Марченко В. Методика визначення показників економічної ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку. Збірник наук.пр. НАУ. Механізац. с.г. вир-ва. Т.XIV. 2003. С.189–194.
16. Марченко В. Методика визначення показників економічної ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку. Збірник наук.пр. НАУ. Механізац. с.г. вир-ва. Т.XIV. 2003. С.189–194.
17. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю.Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред, В.Ю.Ільченка і Ю.П. Нагірного. Київ : Урожай, 2006. 384 с.
18. Настанова гідрометеорологічним станціям та постам. Метеорологічні спостереження на станціях. Київ: ЗАТ «ВІПОЛ», 2010. Вип. 3, Ч. 1. 286 с.
19. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / [редкол. : М. В. Зубець (гол. редколегії) та ін.]. Київ : Урожай, 2004. 560 с.
20. Неруш В. Б., Курдеча В. В. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій. Київ: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. 115 с.
21. Основи наукових досліджень. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт №2 і №3 для студентів факультету механізації сільського господарства. Львів. 1998. 38с.

22. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.

23. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології: Підручник. Одеса : Видавництво ТЕС, 2012. 250 с.

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

25. Сидорчук О.В. Розвиток теорії функціональних структур матеріального виробництва. Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: *Агроінженерні дослідження*. 2003. № 7. С. 3–8.

26. Сидорчук О.В., Луб П.М. Виробничі умови системної ефективності ґрунтообробних комплексів. Науковий вісник. НАУ. Вип.80. Київ, 2005. С. 125-131.

27. Сидорчук О.В., Луб П.М. Природно дозволений час для весняної підготовки ґрунту до сівби. Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: *Агроінженерні дослідження*. 2004. №8. С. 9–16.

28. Стеблюк М.І. Цивільна оборона / Стеблюк М.І. Київ : Урожай. 2004. 360 с.

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

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

31. Ціп Є. І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22 Львів, 2002. 182 с.

ДОДАТКИ

**Додаток А.
Початкові дані**

Таблиця А.1 – Результати обґрунтування теоретичного розподілу настання фізичної стиглості ґрунту для початку проведення ґрунтообробних робіт весняного періоду

№	Униз	Уверх	У _і	М(і)	Р _і	У _і *Р _і	(У _і -У _с) ² *Р _і	f(y)	Теоретична частість
1	-16,0	-11,7	-13,8	5	0,147	-2,034	9,481	0,040	0,174
2	-11,7	-7,3	-9,5	10	0,294	-2,794	4,018	0,069	0,301
3	-7,3	-3,0	-5,2	11	0,324	-1,672	0,131	0,060	0,261
4	-3,0	1,3	-0,8	3	0,088	-0,074	2,180	0,037	0,162
5	1,3	5,7	3,5	3	0,088	0,309	7,638	0,018	0,077
6	5,7	10,0	7,8	2	0,059	0,461	10,940	0,007	0,030
				34	1	-5,804	34,388		1,004

Зак.розп.- Вейбулла

Математичне сподівання	<i>M</i>	-5,804	Число ступенів вільності	<i>r</i>	2
Дисперсія	<i>D</i>	34,388	Рівень значимості	<i>a</i>	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	5,864	Хі-квадрат розрахункове	χ^2	2,787
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,575	Хі-квадрат табличне	$(X^*)^2$	4,605
Параметр мірила	<i>a</i>	11,461	Коефіцієнт	<i>Kb</i>	0,890
Параметр форми	<i>b</i>	1,784	Коефіцієнт	<i>Cb</i>	0,512
			Коефіцієнт	<i>b/a</i>	0,156

Таблиця А.2 – Результати обґрунтування теоретичного розподілу тривалості природно-дозволеного фонду часу весняної підготовки ґрунту та сівби морозостійких культур (до моменту початку сівби культур, Нормальний)

№	Униз	Уверх	У _i	М(i)	P _i	У _i *P _i	(У _i -У _с) ² *P _i	f(y)	Теоретична частість
1	-11,0	-5,8	-8,4	3	0,088	-0,743	14,037	0,014	0,072
2	-5,8	-0,7	-3,3	7	0,206	-0,669	11,415	0,042	0,217
3	-0,7	4,5	1,9	8	0,235	0,451	1,223	0,052	0,271
4	4,5	9,7	7,1	7	0,206	1,458	1,716	0,043	0,224
5	9,7	14,8	12,3	6	0,176	2,162	11,447	0,026	0,134
6	14,8	20,0	17,4	3	0,088	1,537	15,422	0,012	0,060
				34	1	4,196	55,259		0,979

Зак.розп.- Вейбулла

Математичне сподівання	<i>M</i>	4,196	Число ступенів вільності	<i>r</i>	2
Дисперсія	<i>D</i>	55,259	Рівень значимості	<i>a</i>	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	7,434	Хі-квадрат розрахункове	X^2	1,250
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,489	Хі-квадрат табличне	$(X^*)^2$	4,605
Параметр мірила	<i>a</i>	17,159	Коефіцієнт	<i>Kb</i>	0,886
Параметр форми	<i>b</i>	2,149	Коефіцієнт	<i>Cb</i>	0,433
			Коефіцієнт	<i>b/a</i>	0,125

Таблиця А.3 – Результати обґрунтування теоретичного розподілу тривалості природно-дозволеного фонду часу підготовки ґрунту та сівби холодостійких культур (до моменту досягнення крайнього терміну сівби, Нормальний)

№	Униз	Уверх	У _i	М(i)	P _i	У _i *P _i	(У _i -У _c) ² *P _i	f(y)	Теоретична частість
1	1,0	8,8	4,9	5	0,147	0,723	48,717	0,015	0,116
2	8,8	16,7	12,8	6	0,176	2,250	18,968	0,031	0,239
3	16,7	24,5	20,6	9	0,265	5,449	1,700	0,032	0,251
4	24,5	32,3	28,4	5	0,147	4,179	4,129	0,025	0,192
5	32,3	40,2	36,3	5	0,147	5,331	25,362	0,015	0,117
6	40,2	48,0	44,1	4	0,118	5,186	51,713	0,007	0,059
				34	1	23,118	150,590		0,974

Зак.розп.- Вейбулла

Математичне сподівання	<i>M</i>	23,118	Число ступенів вільності	<i>r</i>	2
Дисперсія	<i>D</i>	150,590	Рівень значимості	<i>a</i>	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	12,271	Хі-квадрат розрахункове	X^2	3,510
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,555	Хі-квадрат табличне	$(X^*)^2$	4,605
Параметр мірила	<i>a</i>	24,905	Коефіцієнт	<i>Kb</i>	0,888
Параметр форми	<i>b</i>	1,858	Коефіцієнт	<i>Cb</i>	0,493
			Коефіцієнт	<i>b/a</i>	0,075

Додаток Б.

Початкові дані розрахунку показників ефективності ґрунтообробно-посівного процесу

Таблиця Б.1 – Початкові дані комплексу машин

Технологічна операція	Склад агрегату		Вартість машини, грн..		Відсоток амортизації		Коеф. зайнятості трактора	ТО і ремонт		Годинна платня		Річне напрацювання	
	трактор	с.-г. машини	трактор	с.-г. машини	трактор	с.-г. машини		трактор	с.-г. машини	Трактористів	Допоміжних робітників	трактор	с.-г. машини (їх кількість)
Ранньовесняне боронування	ХТЗ -150К-09	СГ-21Б+21БЗСС-1,0	2250000	130000	15	12	0.02	0.115	0.07	136,05	0	1350	120
Передпосівний обробіток ґрунту		3 КПС-4 + 12 БЗСС-1	2250000	420000	15	12	0.094	0.115	0.12	136,05	0	1350	200
Сівба		СЗПЦ-12; СКП-12; ССТ-12Б; КСМГ-6А	2250000	700000 700000 700000 700000	15	12	0.094	0.115	0.07	136,05	5	1350	198

Таблиця Б.2 – Результати розрахунку характеристик виконання ґрунтообробно-посівного процесу у випадку настання середньої весни

Технологічна операція	Одиниці вимірювання	Обсяг роботи	Агротехнічна тривалість робіт, діб	Коефіцієнт змінності	Склад агрегату		Обслуговуючий персонал		Змінна норма виробітку, га/зм	Питома витрата палива, кг/га	Необхідно для виконання усього обсягу робіт			
					Трактор	С.-Г. машина	Трактористи	Допоміжні робітники			Агрегатів	Робочих днів	Трактористів	Інших працівників
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ранньовесняне боронування	га	40,05	10	1.5	ХТЗ - 150К-09	СГ-21Б+ 21БЗСС-1,0	1	0	89,25	9,6	1	0,46	1	0
Передпосівний обробіток ґрунту	га	215,845	5	1.5	ХТЗ - 150К-09	3 КПС-4 + 12 БЗСС-1	1	0	56,05	9,4	1	3,85	1	0
Сівба	га	156,275 13,02 3,5 21,525	5	1.5	ХТЗ - 150К-09	СЗПЦ-12; СКП-12; ССТ-12Б; КСМГ-6А	1	1	89,25 62,48 38,38 39,92	7,0	1	1,75 0,25 0,1 0,54	1	1

Таблиця Б.3 – Вихідні дані для оцінення втрат врожаю сільськогосподарських культур

Культура	Урожайність, ц/га	Вартість, грн/ц	Коефіцієнт втрат врожаю
Яра пшениця	45	910	0,008
Ярий ячмінь	37,2	770	0,012
Овес	27	650	0,0122
Картопля	200	2526	0,015
Цукрові буряки	450	1556	0,0114
Кукурудза	74,4	730	0,0129

Додаток В.

Результати математичного опрацювання даних головних виробничих експериментів

Таблиця В.1 – Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період (Вейбулла)

№	Униз	Уверх	У _і	М(і)	Р _і	У _і *Р _і	(У _і -У _с) ² *Р _і	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 розподілу - *Нормальний скорегований 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 В.2 – Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу тривалості погожих проміжків часу ля весняного періоду (Вейбулла)

№	Униз	Уверх	У _i	М(i)	Р _i	У _i *Р _i	(У _i -У _c) ² *Р _i	f(y)	Теоретична частість
1	1.0	17.3	9	49	0.485	4.436	229.886	0.025	0.408
2	17.3	33.6	25	18	0.178	4.532	5.356	0.016	0.254
3	33.6	49.9	42	13	0.129	5.369	15.023	0.009	0.149
4	49.9	66.1	58	6	0.059	3.446	43.593	0.005	0.085
5	66.1	82.4	74	6	0.059	4.413	111.765	0.003	0.047
6	82.4	98.7	91	5	0.050	4.484	176.207	0.002	0.026
7	98.7	115.0	107	4	0.040	4.232	228.429	0.001	0.014
				101	1	30.911	810.259		0.984

Закон розподілу - **Вейбулла**

Математичне сподівання	M	30.911	Число ступенів вільності	r	2
Дисперсія	D	810.259	Рівень значимості	α	0.050
Серед.-квадр. відхилення	σ	28.465	Хі-квадрат розрахункове	Х²	5.294
Коефіцієнт варіації	v	0.952	Хі-квадрат табличне	(Х*)²	5.991
Параметр мірила	a	30.512	Коефіцієнт	Kb	0.980
Параметр форми	b	1.064	Коефіцієнт	Cb	0.933
			Коефіцієнт	b/a	0.035

Таблиця В.3 – Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу тривалості непогожих проміжків часу для весняного періоду (Вейбулла)

№	Униз	Уверх	У _i	М(i)	Р _i	У _i *Р _i	(У _i -У _c) ² *Р _i	f(y)	Теоретична частість
1	1.0	2.4	2	45	0.643	1.102	0.724	0.374	0.535
2	2.4	3.9	3	12	0.171	0.539	0.023	0.162	0.232
3	3.9	5.3	5	6	0.086	0.392	0.276	0.073	0.105
4	5.3	6.7	6	3	0.043	0.257	0.446	0.034	0.048
5	6.7	8.1	7	2	0.029	0.212	0.619	0.016	0.022
6	8.1	9.6	9	1	0.014	0.127	0.528	0.007	0.010
7	9.6	11.0	10	1	0.014	0.147	0.806	0.003	0.005
				70	1	2.776	3.422		0.957

Закон розподілу - **Вейбулла**

Математичне сподівання	M	2.776	Число ступенів вільності	r	3
Дисперсія	D	3.422	Рівень значимості	α	0.100
Серед.-квадр. відхилення	σ	1.850	Хі-квадрат розрахункове	Х²	4.396
Коефіцієнт варіації	v	1.042	Хі-квадрат табличне	(Х*)²	6.251
Параметр мірила	a	1.743	Коефіцієнт	Kb	1.017
Параметр форми	b	0.965	Коефіцієнт	Cb	1.062
			Коефіцієнт	b/a	0.554

Початкові дані для виконання оптимізаційних розрахунків

Назва показника	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Коефіцієнт амортизаційних відрахувань на реновацію		
- трактора: ХТЗ -150К-09	-	0.15
- сільськогосподарської машини:		
зчіпки	-	0.14
зубової борони	-	0.16
культиватор	-	0.14
сівалки	-	0.12
Нормативне річне завантаження		
- трактора: ХТЗ -150К-09	га.	1350
- сільськогосподарської машини:		
зчіпки	га.	350
зубової борони	га.	350
культиватора суцільного обробітку	га.	350
сівалки	га.	350
Коефіцієнт відрахувань на ТО і ремонт		
- трактора: ХТЗ -150К-09	-	0.099
- сільськогосподарської машини:		
зчіпка	-	0.07
зубової борони	-	0.07
культиватора суцільного обробітку	-	0.12
сівалки	-	0.07
Коефіцієнт (k_r) зайнятості на технологічних операціях впродовж року		
- трактора:		
боронування	-	0.020
знищення бур'янів	-	0.047
передпосівний обробіток	-	0.047
сівба	-	0.324
- сільськогосподарської машини:		
зчіпки	-	1
зубової борони	-	1
культиватора суцільного обробітку	-	1
сівалки	-	1

Продовження таблиці Г.1

Годинна оплата праці трактористу з нарахуванням під час виконання технологічної операції: боронування (закриття вологи) культивуації (знищення бур'янів) культивуації (передпосівного обробітку) сівби	грн./год. грн./год. грн./год. грн./год.	136,05 136,05 136,05 136,05
Витрата оливи	-	10% від витрати палива
Витрата пального		9,0
Вартість пального	грн./кг	49,99
Вартість оливи	грн./кг	150,0
Коефіцієнт втрат урожаю культур через несвоєчасність їх сівби:		
озимої пшениці	-	0.008
озимого жита	-	0.007
ярої пшениці	-	0.008
ярого ячменю	-	0.012
вівса	-	0.0122
картоплі	-	0.015
цукрових буряків	-	0.0114
гречки	-	0.0121
кукурудзи (на силос)	-	0.006