



Міністерство освіти і науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

Навчально-науковий інститут технічного сервісу

**Кафедра експлуатації, надійності, міцності
та будівництва ім. В. Я. Аніловича**

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ В РОСЛИННИЦТВІ

**Методичні вказівки до проведення практичних занять
з дисциплін «Надійність технологічних
систем в рослинництві»**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми здобуття освіти
зі спеціальності 208 «Агроінженерія»

Харків
2021

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Навчально-науковий інститут технічного сервісу

Кафедра експлуатації, надійності, міцності
та будівництва ім. В. Я. Аніловича

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ В РОСЛИННИЦТВІ

Методичні вказівки до проведення практичних занять
з дисциплін «Надійність технологічних
систем в рослинництві»

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм здобуття освіти
зі спеціальності 208 «Агроінженерія»

Затверджено рішенням
методичної Ради ННІ ТС
ХНТУСГ
Протокол №7
від 12 травня 2021р.

Харків
2021

УДК 631.3
A-64

Схвалено на засіданні
кафедри експлуатації, надійності, міцності та будівництва ім. В. Я. Аніловича
Протокол № 5 від 5 травня 2021 р.

Рецензенти:

В. В. Аулін, д-р. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту машин
Центральноукраїнського національного технічного університету

В. Т. Дмитрів, д-р. техн. наук, професор кафедри проектування та експлуатації
машин Національного університету "Львівська політехніка"

A-64 Аналіз результатів дослідження якості виконання технологічного процесу в
рослинництві: методичні вказівки до проведення практичних занять з дисци-
плін «Надійність технологічних систем в рослинництві» для здобувачів пер-
шого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми здобуття
освіти зі спеціальності 208 «Агроінженерія» / Харків. нац. техн. у-т сіл. госп-
ва ім. П. Василенка; уклад.: О.І.Алфьоров, В.Б.Савченко, В.І.Іванов. - Хар-
ків : [б. в.], 2021. - 9с.

Методичні вказівки «Аналіз результатів дослідження якості виконання тех-
нологічного процесу в рослинництві» розроблено з метою надання практичних
навичок студентам під час вирішення ними індивідуальних задач на практичних
заняттях з дисципліни «Надійність технологічних систем в рослинництві». Вклю-
чають необхідні теоретичні положення, які дозволяють отримати навички викори-
стання відповідних розрахункових методів. Методичні вказівки містять також ва-
ріанти індивідуальних завдань, приклад і вимоги щодо оформлення звіту про ви-
конану роботу. В додатку надано довідковий матеріал.

Видання призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти денної та заочної форм здобуття освіти зі спеціальності 208 «Агроінжене-
рія»

Відповідальний за випуск: Є. І. Калінін, д-р. техн. наук, проф.

© О.І.Алфьоров, В.Б.Савченко,
В.І.Іванов,

© ХНТУСГ, 2021

РОБОТА 1. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Мета роботи: Формування у студентів навичок обробки і аналізу результатів дослідження якості виконання технологічного процесу.

Основні теоретичні положення

Результати вимірювань будь-яких параметрів при проведенні експерименту, завжди мають ймовірнісний характер через вплив на ці результати багатьох, в тому числі і випадкових чинників. Наприклад, при вимірюванні розміру деякої деталі, результат кожного окремого вимірювання буде відрізнятися від інших. Вимірювання можуть мати розсіювання значень внаслідок неоднакової точності вимірювальних пристроїв, суб'єктивних особливостей виконавців і багатьох інших чинників.

Ще більш вираженим розсіюванням результатів вимірювань характеризуються параметри, які самі по собі є випадковою величиною. Наприклад, глибина оранки поля залежить від багатьох чинників і носить яскраво виражений ймовірнісний характер.

Об'єктивна оцінка результатів дослідження є однією з основних задач при оцінці якості реалізації і стабільності технологічних процесів. В технічних задачах такі результати прийнято оцінювати числовими характеристиками, до числа яких відносяться середнє значення (математичне очікування), дисперсія, середнє квадратичне відхилення і коефіцієнт варіації досліджуваної величини.

Прийнято розрізнявати теоретично можливі (генеральні) характеристики, які могли би бути отримані при обробці всієї теоретично можливої нескінченно великої сукупності вимірювань параметра (генеральної сукупності), і так звані вибіркові характеристики, визначені для обмеженої сукупності вимірювань, що є частиною генеральної сукупності, і називаються вибіркою. Для узагальнення змісту оціночних показників, абстрагуємось від їх смислового значення, і будемо розглядати процес обробки вибірки будь-якого вимірюваного параметра.

Вибіркові характеристики при малому об'ємі вибірки

Вибіркове середнє значення вимірюваного параметра обчислюється за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1.1)$$

де x_i - значення, отримане при i -му вимірюванні;
 n - кількість вимірювань.

Вибіркова дисперсія

$$D = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 . \quad (1.2)$$

Вибіркове середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} . \quad (1.3)$$

Вибірковий коефіцієнт варіації

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} , \quad \text{або у відсотках} \quad \tilde{v} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% . \quad (1.4)$$

Вибіркові середнє значення \bar{x} і середнє квадратичне відхилення σ , які обчислені за формулами (1.1, 1.3), є точковою оцінкою параметрів нормального закону розподілу досліджуваної величини. Їх зручно показати на графіку щільності розподілу (рис.1.1)

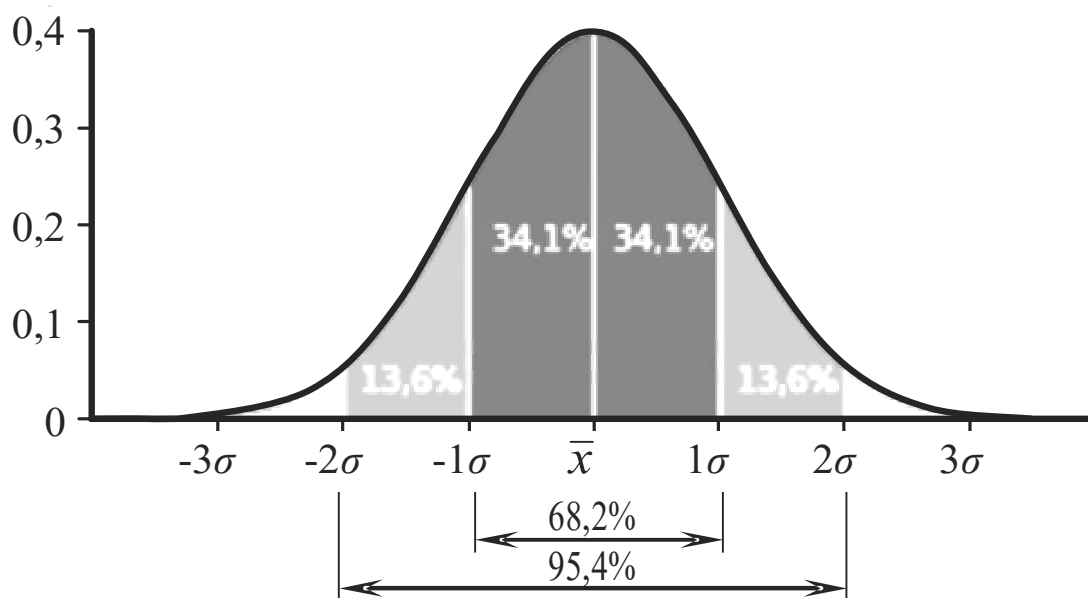


Рис.1.1. Графік щільності ймовірності нормального розподілу і відсоток попадання випадкової величини на відрізки, які є кратними середньоквадратичному відхиленню

Важливе значення має також інтервальна оцінка параметра, або встановлення довірчого інтервалу, в якому з прийнятою довірчою ймовірністю β знаходяться значення параметра, який вимірюється.

Нижня x_{\min} і верхня x_{\max} довірчі межі визначаються за залежністю:

$$x_{\min} = \bar{x} - t_{\beta} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} ; \quad x_{\max} = \bar{x} + t_{\beta} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} , \quad (1.5)$$

де t_{β} – квантиль нормального розподілу. Квантиль в математичній статистиці –

це значення, яке задана випадкова величина не перевищує із заданою довірчою ймовірністю β . Квантиль нормального розподілу визначається по таблицях для стандартного розподілу при $\bar{x} = 0$; $\sigma = 1$. Наприклад:

при $\beta = 0,9$; $t_\beta = 1,64$;

при $\beta = 0,8$; $t_\beta = 1,28$ і т.д.

Методика виконання дослідження повинна містити вказівки про засоби і прийоми його проведення. Обрані для цього засоби, прийоми, обладнання, прилади і кількість повторень дослідів повинні забезпечувати необхідну достовірність і міру точності дослідження. Підвищити достовірність оцінки вимірюваного параметра при певних умовах дослідження (випробування) можна тільки шляхом збільшення обсягу проведених випробувань n .

Обґрунтування кількості випробувань є однією з задач планування експериментів. Для будь-якої ймовірності, яка характеризує міру упевненості в достовірності отриманих результатів вимірювань, достатня кількість дослідів, або їх повторювань, визначається за формулою:

$$n = \frac{t_\beta^2 \cdot v^2}{E^2} \quad (1.6)$$

де E - допустима відносна похибка дослідження.

Приклад розрахунку*

* *Текст, надрукований в прикладі курсивом і таблиця 1.1 не включаються до звіту про виконану роботу. У випадку оформлення звіту про виконання роботи в електронному вигляді, він оформлюється в редакторі MS Word. Виконання таблиці 1.2 допускається як вставка таблиці MS Excel в документ звіту.*

Завдання: Для визначення втрат зерна при збиранні його комбайном, було підраховано кількість втрачених зерен x_i на n ділянках. Площа кожної ділянки становила 1 м^2 . Ділянки були рівномірно розподілені по всій площі поля для врахування особливостей мікро- та макрорельєфу.

Результати підрахунку кількості зерен на ділянках (*вихідні дані*), заносимо в таблицю 1.2.

Вихідні дані для розрахунку слід вибрати з таблиці 1.1 відповідно до варіанту. Наприклад, якщо індивідуальний шифр студента 502, то для вирішення задачі студент має вибрати з таблиці п'ятий, нульовий та другий рядки – загалом $n=30$ чисел.

Примітка – в прикладі розглянуто дослідження для $n=50$ ділянок.

Для виконання необхідних розрахунків занесемо вихідні дані до таблиці в стовпчик " x_i " (стовпчик №2 таблиці 1.2). Для зменшення довжини таблиці, її зручно розділити на дві колонки.

Таблиця 1.1. Вихідні дані до завдання

№ п/п	Кількість зерен на ділянках x_i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	314	289	240	287	241	309	485	430	470	417
2	297	222	507	377	581	381	662	201	498	435
3	387	262	344	493	380	186	444	582	259	399
4	374	202	334	471	180	321	390	443	382	495
5	348	382	417	528	381	384	305	475	356	240
6	310	226	538	455	288	405	524	304	383	378
7	187	369	330	229	278	378	311	387	414	296
8	433	249	342	433	402	184	365	490	270	295
9	389	407	538	358	452	256	360	306	303	449
0	289	513	244	268	377	219	286	179	278	274

Таблиця 1.2. Результати обчислень

i	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	i	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2	3	4	1	2	3	4
1	426	-16	256	26	324	-16	256
2	779	337	113569	27	478	337	113569
3	491	49	2401	28	641	49	2401
4	881	439	192721	29	381	439	192721
...
25	365	-77	5929	50	365	-77	5929
				Σ	22100	---	853000

Підраховавши суму другого стовпчика (22100), за якою вираховують середнє значення втрат зерна.

Середнє значення

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{22100}{50} = 442 \text{ шт.}$$

Тепер можна визначити відхилення кожного i -го значення від середнього $(x_i - \bar{x})$, піднести його в квадрат $(x_i - \bar{x})^2$ і записати ці значення в стовпчики 3 і 4. По стовпчику 4 підраховується сума квадратів відхилень від середнього (853000), яка використовується для обчислення дисперсії.

Дисперсія

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{853000}{49} = 17408.$$

Середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{17408} = 132 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт варіації

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{132}{442} = 0,298 \text{ або } \tilde{v} = 29,8\%.$$

Прийнявши довірчу ймовірність $\beta = 0,9$, визначимо $t_\beta = 1,64$. Нижня і верхня інтервальні оцінки (довірчі межі) відповідно дорівнюють:

$$x_{\min} = \bar{x} - t_\beta \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 442 - 1,64 \cdot \frac{132}{\sqrt{50}} = 411 \text{ шт.};$$

$$x_{\max} = \bar{x} + t_\beta \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 442 + 1,64 \cdot \frac{132}{\sqrt{50}} = 473 \text{ шт.}$$

Висновок:

1. За результатами проведеного дослідження середні втрати зерна становитимуть 442 зерен на 1m^2 .
2. Слід вважати, що з ймовірністю 90% ($\beta = 0,9$), середні втрати зерна становитимуть від 411 до 473 шт/ m^2 .
3. При проведенні наступного дослідження з відносною похибкою $E=10\%$ достатня кількість досліджуваних ділянок становитиме:

$$n = \frac{t_\beta^2 \cdot \tilde{v}^2}{E^2} = \frac{2,69 \cdot 29,8^2}{10^2} = 22,1 \approx 23 \text{ ділянки.}$$

Питання для самоконтролю

1. Наведіть приклади технологічних систем, в яких можна спостерігати ймовірнісні процеси.
2. В чому полягає різниця між генеральними і вибірковими характеристиками випадкової величини досліджуваного параметру?
3. Перелічіть які вибіркові характеристики випадкової величини є точковою оцінкою параметрів нормального закону розподілу.
4. Що визначається величиною довірчої ймовірності β ? При відповіді можна скористатися рисунком 1.1.
5. Яким чином можна забезпечити достовірність результатів проведеного дослідження?

Рекомендована література

1. Міцність та надійність машин: Навчальний посібник /В.Я.Анілович, О.С.Гринченко, В.В.Карабін, В.О.Літвінов, В.Л.Литвиненко, за ред. В.Я.Аніловича. – К., Урожай, 1996. 288с.
2. Анилович В.Я., Гринченко А.С., Литвиненко В.Л. Надежность машин в задачах и примерах /За ред. В.Я.Аниловича. – Харьков: Око, 2001. – 320с.
3. Гринченко А.С. Механическая надежность мобильных машин: оценка, моделирование, контроль – Х.:Вірвець А.П. «Апостроф», 2012. – 259 с.
4. Надійність машин: Практикум / О.С.Гринченко, В.Г.Кухтов, О.І.Алфьоров, В.Б.Савченко, Є.І.Калінін, В.І.Іванов, Г.П.Юр'єва; За ред. О.С.Гринченка, В.Г.Кухтова. – Х.: ТОВ «Планета-принт», 2018. 140 с.

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ В РОСЛИННИЦТВІ

Методичні вказівки до проведення практичних занять
з дисциплін «Надійність технологічних
систем в рослинництві»

Укладачі:

АЛФЬОРОВ Олексій Ігорович,
САВЧЕНКО Володимир Борисович,
ІВАНОВ Володимир Іванович,

Формат 60×84 1/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір для цифрового друку. Друк принтерний.
Умов. друк. арк. 0,52
Наклад 100 примірників.

Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44