

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет
Кафедра тракторів та сільськогосподарських машин,
експлуатації і технічного сервісу

НАДІЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної форми здобуття вищої освіти

МИКОЛАЇВ
2026

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від «18» травня 2026 р., протокол №8.

Укладач:

Олександра ЗУБЄХІНА-ХАЙЯТ	асистентка кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.
------------------------------	--

Рецензенти:

Г. В. Іванов	канд. тех. наук, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет.
В. В. Аулін	докт. тех. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет

ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ	6
ЗАВДАННЯ	29
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВИРОБІВ, ЩО НЕ РЕМОНТУЮТЬСЯ, ДЛЯ ПОВНОЇ ВИБОРКИ – ПЛАН СПОСТЕРЕЖЕНЬ	44
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВИРОБІВ, ЩО НЕ РЕМОНТУЮТЬСЯ ДЛЯ ВСІЧЕНОЇ ВИБОРКИ – ПЛАН СПОСТЕРЕЖЕНЬ [NUT]	52
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Надійність сільськогосподарської техніки» має своєю метою навчити майбутніх фахівців забезпечувати експлуатаційні показники машин протягом встановленого часу при оптимальних витратах матеріальних і трудових ресурсів на їх проектування, виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт.

Основні завдання: дати студентам основи знань з теоретичних основ надійності машин, методики оцінки і прийняття оптимальних рішень щодо її підвищення; навчати виявляти і аналізувати причини відмови, проводити випробування і визначати кількісні показники надійності машин, розробляти і здійснювати заходи підвищення надійності за рахунок удосконалення методик їх проектування, технології і організації виготовлення, експлуатації, технічного обслуговування і ремонту.

Метою викладання навчальної дисципліни «Надійність сільськогосподарської техніки» являється отримання знань і практичних навичок по вирішенню науково-технічних проблем підвищення надійності використання сільськогосподарської техніки з метою успішної підготовки фахівців в галузі агропромислового виробництва.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Надійність сільськогосподарської техніки» є підготовка фахівців агропромислового виробництва, які здатні забезпечити самостійне розв'язування виробничих проблем надійності машин та обладнання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Надійність сільськогосподарської техніки» студент повинен:

знати:

- методики оцінки і прийняття оптимальних рішень підвищення надійності машин;
- сучасні способи забезпечення працездатності с.г. машин;
- методи проектування прогресивних технологічних процесів;
- типові проектні рішення щодо ремонтної бази господарств та підрозділів;
- організацію ремонтного виробництва на підприємствах різного рівня;
- будову та основи використання сучасного ремонтно-технологічного обладнання.

вміти:

- планувати випробування машин на надійність і визначати її кількісні показники;
- проектувати раціональні технологічні ремонтні процеси;

- обґрунтовано підбирати типові проекти для створення та реконструкції ремонтно-обслуговуючої бази і її окремих підрозділів;
- обґрунтовувати техніко-економічну доцільність впровадження інженерних рішень у виробництво;
- визначати і прогнозувати ресурс машин і механізмів;
- виконувати основні ремонтні операції;
- мати уяву про технічну творчість, методи і напрями наукових досліджень в галузі машинобудування.

Кредитно-трансферна схема вивчення дисципліни

«Надійність сільськогосподарської техніки»

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»

№ п/п	Найменування розподілу	К-ть годин/кредитів		
		Лекції	ЛЗ (ПЗ)	Всього
3-й семестр				
1	Модуль 1. Фізичні основи надійності. Методи визначення показників надійності.	10	16	26/0,86
2	Модуль 2. Методи випробування і контролю с.г. техніки на надійність. Граничні та допустимі значення параметрів надійності.	6	14	20/0,67
Всього		16	30	46 (1,53)

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

Мета роботи: Засвоїти методику аналітичного визначення основних теоретичних законів розподілу показників надійності. Одержати практичні навички з математичної обробки дослідних даних.

Обладнання робочого місця: Установка для моделювання відмов та напрацювань до його настання, як одного з показників надійності кожного виробу, або групи виробів; обчислювальна машина.

Зміст роботи: на моделюючій установці визначити показники надійності. Інформація про показники надійності може бути задана викладачем.

За даними емпіричного ряду значень показника надійності, визначити теоретичний закон розподілу, розрахувати числові значення параметрів закону, емпіричній та теоретичній частоті, критеріїв узгодження.

Побудувати полігон, теоретичну криву показника надійності.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ДО РОБОТИ

В практичних задачах теорії надійності вимагається не лише визначити кількісні показники надійності, але й встановити вид теоретичного закону розподілу, так як він в певній мірі характеризує фізичну модель відмов. Крім того, визначення теоретичного закону розподілу дозволяє „вирівняти” емпіричний розподіл, що побудований за обмеженим числом експериментальних даних.

„Вирівнювання” дозволяє одержувати генеральні характеристики без збільшення обсягу експериментальних досліджень і, таким чином, більш точно визначити показники надійності.

Теоретичний закон висловлює загальний характер зміни показника надійності машини і виключає часткові відхилення, пов’язані з обмеженістю первинної інформації, умовами і тривалістю випробувань.

Знання теоретичного закону розподілу дозволяє оцінити надійність даної марки машин, розробити заходи по підвищенню якості їх виготовлення та ремонту, вирішувати практичні завдання в плануванні їх технічного обслуговування, ремонту і витрати запасних частин в умовах конкретного господарства.

В теорії надійності застосовується велика кількість різноманітних законів розподілу (нормальний, логарифмічно-нормальний, експоненціальний, біноміальний, гамма-розподіл, Вейбулла-Гнеденка,

Релея, Пуассона та ін.). Кожен закон має свою область застосування, свої параметри та розрахункові рівняння.

Стосовно до показників надійності машин, що експлуатуються в сільському господарстві, частіше за все застосовуються закони нормального розподілу (ЗНР), розподілу Вейбулла-Гнеденка (ЗРВ) та експоненціальний.

Тому в даній практичній роботі розглядаються головним чином зазначені розподіли.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Визначення теоретичного закону розподілу для емпіричного ряду значень показника надійності проводиться в наступній послідовності:

1. За даними результатів випробувань об'єктів, з оцінкою показника надійності, складають варіаційний ряд, або статистичний ряд вихідної інформації.
2. Визначають середнє значення ряду і характеристики розсіювання (дисперсію, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації).
3. Перевіряють вихідну інформацію на випадючі точки.
4. За величиною коефіцієнта варіації визначають теоретичний закон розподілу.
5. „Вирівнюють” емпіричний розподіл показника надійності за теоретичним законом.
6. Визначають вірогідність узгодження за критеріями Пірсона і Колмогорова.
7. За значенням емпіричних і теоретичних частот будуються полігон і теоретична крива розподілу.

1. Першим кроком при математичній обробці показників надійності є складання варіаційного ряду, коли досліджені дані показникам розміщуються в порядку зростання, або зменшення.

Якщо повторність інформації (число значень варіаційного ряду) перевищує 25, то для спрощення подальших розрахунків складається статистичний ряд вихідної інформації;

Для побудови статистичного ряду всі значення показників надійності розбиваються на n інтервалів.

Кількість інтервалів визначається за наступними формулами:

$$n = 1 + 3,2 \ln N$$

$$n = \left\lceil \sqrt{N} \right\rceil, \quad (1)$$

де N – повний об'єм вибірки (число дослідних значень показника надійності),
] [- знак, що говорить про необхідність округлення отриманого значення в бік збільшення до цілого числа.

Знаючи число інтервалів, визначимо ширину інтервалу за формулою:

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n}, \quad (2)$$

де t_{\max} - максимальне значення дослідного показника надійності. t_{\min} - мінімальне значення показника.

Ширину інтервалу звичайно округлюють до цілих парних значень. Всі інтервали повинні бути однаковими, прилягати один до одного і не мати розривів.

Початок першого інтервалу визначається з таким розрахунком, щоб мінімальна точка інформації знаходилась приблизно на його середині. Останній інтервал вибирається таким, щоб максимальне за величиною значення потрапило в цей інтервал.

Визначивши інтервали статистичного ряду інформації, розраховують частоту m_i , дослідну ймовірність (частість) P_i , і накопичену ймовірність F_9 кожного інтервалу.

Частоту інтервалу m_i - це кількість значень показника надійності, що потрапляють в даний інтервал. В інтервал включаються ті значення показника надійності, що більші нижньої межі інтервалу і менші або дорівнюють верхній його межі.

Дослідна ймовірність P_i - це ймовірність появи показника надійності в кожному інтервалі. Вона визначається за формулою:

$$P_i = \frac{m_i}{N}. \quad (3)$$

Накопичена дослідна ймовірність F_9 , для кожного інтервалу визначається як сума частостей всіх попередніх інтервалів за формулою:

$$F_9 = \sum_1^n P_i. \quad (4)$$

Для першого інтервалу $F_9 = P_i$, а для останнього $F_9 = 1,0$.

Розглянемо побудову статистичного ряду на прикладі : маємо наступні величини абсолютного зносу пальців передніх ресор автомобіля ГАЗ-53 в мм:

0,075; 0,070; 0,340; 0,370; 0,310; 0,330; 0,330; 0,330; 0,085;
0,090; 0,110; 0,110; 0,105; 0,109; 0,111; 0,112; 0,115; 0,118;
0,118; 0,120; 0,120; 0,120; 0,120; 0,125; 0,130; 0,140; 0,190;
0,180; 0,146; 0,146; 0,147; 0,147; 0,160; 0,160; 0,175; 0,175;
0,175; 0,175; 0,185; 0,185; 0,185; 0,185; 0,190; 0,190; 0,199;
0,199; 0,210; 0,210; 0,360; 0,230; 0,240; 0,250; 0,250; 0,255;
0,260; 0,260; 0,270; 0,270; 0,280; 0,282; 0,290; 0,300; 0,300;
0,146; 0,070; 0,370; 0,280; 0,340; 0,145; 0,165; 0,130; 0,290.

Визначаємо ширину інтервалу ряду, частоту, дослідну ймовірність(частість) і накопичену частість за формулами (3 і 4).

Одержані дані заносимо в табл.1.

Таблиця 1

Інтервал		m_i	P_i	F_{Σ}	\bar{t}_i	Примітка
t_{imin}	t_{imax}					
0,06	0,10	5	0,069	0,069	0,08	\bar{t}_i - середина кожного інтервалу
0,10	0,14	17	0,236	0,305	0,12	
0,14	0,18	14	0,194	0,499	0,16	
0,18	0,22	11	0,153	0,652	0,20	
0,22	0,26	7	0,097	0,749	0,24	
0,26	0,30	9	0,125	0,874	0,28	
0,30	0,34	6	0,083	0,957	0,32	
0,34	0,38	3	0,042	0,999	0,36	

$\sum m_i = N = 72$. 2. Для визначення середнього значення ряду і характеристик розсіювання (дисперсія, середньоквадратичне відхилення), в даній роботі використовується метод центрових відхилень, так як безпосереднє обчислення вказаних величин при $N > 25$ трудомістке.

Середнє значення показника надійності визначаємо за наступною формулою:

$$\bar{t} = ZA + L, \quad (5)$$

де $\bar{Z} = \frac{1}{N} \sum_1^n z_i m_i$; $Z_i = \frac{\bar{t}_i - L}{A}$; $L = \bar{t}_i$, (де m_{imax}).

Дисперсію визначаємо за формулою:

$$\sigma^2 = A^2 + \sigma_z^2, \quad (6)$$

де $\sigma_z^2 = \frac{1}{N} \sum_1^n (z_i^2 m_i) - (\bar{z})^2$.

Середньоквадратичне відхилення (стандарт) визначається наступним виразом:

$$\sigma = A \sqrt{\sigma_z^2}. \quad (7)$$

Знаючи середнє значення ряду і середньоквадратичне відхилення, визначаємо величину коефіцієнта варіації:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t}}. \quad (8)$$

Як приклад розрахунку вказаних величин визначимо середнє значення, дисперсії, середнє квадратичне відхилення і коефіцієнта варіації для розглянутих раніше деталей-пальців передніх ресор автомобіля ГАЗ-53, за формулами (5, 6, 7, 8).

Результати обчислень приведені в табл. 2. Розрахунок проміжних параметрів дозволить в кінцевому рахунку визначити ту закономірність, що адекватно описує характер розподілу параметру, що досліджується.

Таблиця 2

Інтервал		m_i	P_i	F_i	\bar{t}_i	z_i	$z_i m_i$	$z_i^2 m_i$	Примітка
$t_{i \min}$	$t_{i \max}$								
0,06	0,10	5	0,069	0,069	0,08	-1	-5	5	\bar{t}_i - середина кожного інтервалу
0,10	0,14	17	0,236	0,305	0,12	0	0	0	
0,14	0,18	14	0,194	0,499	0,16	1	14	14	
0,18	0,22	11	0,153	0,652	0,20	2	22	44	
0,22	0,26	7	0,097	0,749	0,24	3	21	63	
0,26	0,30	9	0,125	0,874	0,28	4	36	144	
0,30	0,34	6	0,083	0,957	0,32	5	30	150	
0,34	0,38	3	0,042	0,999	0,36	6	18	108	

$$\sum m_i = N = 72; \quad \sum_1^n (z_i m_i) = 136; \quad \sum_1^n (z_i^2 m_i) = 518.$$

Середнє значення:

$$L = 0,12 \text{ (при } m_{i \max}; \bar{t}_i = 0,12); \quad \bar{Z} = \frac{1}{72} \sum_1^n (z_i m_i) = 1,89;$$

$$\bar{t} = \bar{Z}A + L = 1,89 \cdot 0,04 + 0,12 = 0,195;$$

дисперсія:

$$\sigma_z^2 = \frac{518}{72} - 1,89^2 = 7,2 - 3,58 = 3,62$$

$$\sigma^2 = 0,04^2 \cdot 3,62 = 0,0058;$$

середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = 0,04 \sqrt{3,62} = 0,076$$

коефіцієнта варіації:

$$V = \frac{0,076}{0,195} = 0,39.$$

3. Наступним етапом обробки дослідних даних є перевірка значень статистичного ряду інформації на випадуючі (помилкові) точки. Для цього застосовуємо правило "Трьох сигм" - $\pm 3\sigma$.

Перевірка проводиться таким чином: від середнього значення показника надійності \bar{t} послідовно віднімається і додається 3σ .

Якщо крайні точки варіаційного ряду не виходять за межі значень $\bar{t} \pm 3\sigma$, всі його значення вважаються дійсними, непомилковими. Точки, що виходять за ці межі, відкидають і в послідуочих розрахунках не враховують.

4. Вибір необхідного теоретичного закону розподілу проводиться за коефіцієнтом варіації. Якщо $V = 0,08 \dots 0,32$ - вибирається нормальний закон

розподілу; $V = 0,33...0,63$ - закон розподілу Вейбулла-Гнеденка; $V = 0,60...1,30$ – експоненціальний закон розподілу.

5. Після вибору теоретичного закону розподілу виконується „вирівнювання” емпіричного розподілу показника надійності за цим законом. Суть процесу „вирівнювання” полягає у визначенні теоретичних значень частот, частостей і накопичених частостей.

„Вирівнювання” за законом нормального розподілу

Диференціальна функція або щільність ймовірності нормального розподілу має наступний вигляд :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}}, \quad (9)$$

де \bar{t} – середнє значення показника надійності;

σ - середньоквадратичне відхилення;

σ^2 - дисперсія.

Ці величини є параметрами закону, а тому, нормальний закон розподілу-двох параметричний.

Теоретичні частоти визначаються за формулою:

$$m_T = \frac{N \cdot A}{\sigma} \cdot f_0(t_0), \quad (10)$$

де $f_0(t_0)$ – диференціальна нормована функція нормального розподілу.

Вона табульована і наведена в табл.1. додатку.

$$f_0(t_0) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t_0^2}{2}}; \quad t_0 = \frac{t_i - \bar{t}}{\sigma}.$$

Значення t_0 знаходиться для кожного інтервалу, по ньому з табл.1. додатку визначається $f_0(t_0)$, а потім m_t .

Теоретичні частоти визначаються за формулою:

$$P_T = \frac{A}{\sigma} f_0(t_0). \quad (11)$$

„Вирівнювання” за законом Вейбулла-Гнеденка.

Диференціальна функція або щільність ймовірності розподілу закону Вейбулла-Гнеденка має наступний вигляд :

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{\bar{t}_i}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t_i}{a}\right)^b}, \quad (12)$$

де b і a – параметри розподілу, а тому, закон Вейбулла-Гнеденка також двох параметричний.

При $b = 1$ розподіл Вейбулла-Гнеденка співпадає з експоненціальним розподілом, а при $b = 2$ – з розподілом Релея.

Параметр b визначається з табл. 3. додатку залежно від величини коефіцієнту варіації V .

Параметр a розраховується за формулою:

$$a = \frac{\sigma}{c_b}, \quad (13)$$

де σ - середньоквадратичне відхилення;

c_b - коефіцієнт, що знаходиться за табл. 3. додатку.

Параметр a може бути визначений за табл. 3 додатку.

Теоретичні частоти визначаються за формулою:

$$m_T = N \cdot A \frac{a \cdot f(t)}{a}. \quad (14)$$

Значення $a \cdot f(t)$ визначається з табл. 4 додатку, в залежності від величини $\frac{\bar{t}_i}{a}$ і b для кожного інтервалу статистичного ряду.

Теоретичні частоти визначаються за формулою :

$$P_T = A \frac{a \cdot f(t)}{a}. \quad (15)$$

„Вирівнювання” по експоненціальному закону.

Диференціальна функція цього закону розподілу має наступний вигляд:

$$f(t) = \frac{1}{\bar{t}} e^{-\frac{t}{\bar{t}}}, \quad (16)$$

де \bar{t} параметр розподілу дорівнює середньому значенню показника надійності.

Цей закон одно параметричний.

Теоретичні частоти визначаються за формулою:

$$P_T = (F_T)_{i+1} - (F_T)_i, \quad (17)$$

де $(F_T)_{i+1}$ - накопичена теоретична частість кожного наступного інтервалу;

$(F_T)_i$ - накопичена теоретична частість кожного попереднього інтервалу.

Для першого інтервалу $P_T = (F_T)_{i+1}$; так як $(F_T)_I = 0$.

Накопичена теоретична частість визначається за формулою:

$$F_{Ti} = 1 - e^{-\frac{t_2}{\bar{t}}} = 1 - e^{-t}, \quad (18)$$

де $t = \frac{(t_2)_i}{\bar{t}}$

$(t_2)_i$ - верхня границя кожного інтервалу.

Значення функцій e^{-t} визначається за табл. 6 додатку.

Теоретичні частоти визначається за формулою:

$$m_T = P_T \cdot N. \quad (19)$$

6. Оцінка відповідності вибраного теоретичного закону емпіричним даним статистичного ряду розподілу проводиться за допомогою критеріїв узгодження.

В математичній статистиці є велика кількість критеріїв узгодження, але в теорії надійності найбільше поширення одержали критерії узгодження Пірсона і Колмогорова.

Критерій χ^2 - (хі-квадрат) Пірсона, видатного англійського статистика, служить для оцінки розходження між емпіричними і теоретичними частотами.

Він визначається за наступною формулою:

$$\chi^2 = \sum_1^n \frac{(m_i - m_T)^2}{m_T}, \quad (20)$$

де n - число інтервалів статистичного ряду;

m_i - частота в інтервалі емпіричного ряду розподілу;

m_T - відповідно теоретична частота, вирівняна за законом розподілу.

При визначенні критерію Пірсона необхідно враховувати наступні умови:

1. $m_i \geq 5$, тобто частота в будь-якому інтервалі повинна бути більша або дорівнювати 5, якщо частота в інтервалі менше 5, то треба об'єднувати частоти в сусідніх інтервалах;
2. $n \geq 4$, тобто число інтервалів (в тому числі й об'єднаних) повинно перевищувати 4, в іншому випадку критерій Пірсона дає значні погрішності.

Визначивши значення критерію χ^2 далі потрібно розрахувати число ступенів свободи розподілу за формулою:

$$K = n - r - 1, \quad (21)$$

де n - число інтервалів статистичного ряду;

r - число параметрів теоретичного закону.

Знаючи χ^2 і K за табл.7 додатка визначаємо ймовірність погодження емпіричних даних теоретичним $P(\chi^2)$. Критичною ймовірністю узгодження треба вважати $P(\chi^2) = 0,1$; у випадку $P(\chi^2) < 0,1$ ймовірність погодження вважається незадовільною і необхідно визначити інший закон.

Критерій Колмогорова (видатний радянський математик) оснований на співвідношенні накопичених частостей емпіричного та теоретичного ряду розподілу і визначається за формулою:

$$\lambda = D_H \sqrt{N}, \quad (22)$$

де $D_H = (F_{\text{Э}} - F_T)_{\text{max}}$ - найбільша різниця між емпіричною і теоретичною ймовірністю(частістю).

Визначивши значення λ , за табл.8 додатку знаходиться ймовірність узгодження за розподілом цього критерію $P(\lambda)$.

Ймовірність узгодження вважається достатньою, якщо $P(\lambda) = 0,3 \dots 0,4$.

При порівнянні декількох законів розподілу обирається той закон, у якого найбільша ймовірність узгодження за двома критеріями.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити методикау визначення теоретичних законів розподілу показників надійності.
2. Одержати на машині або у викладача завдання для практичного розрахунку.
3. Скласти варіаційний ряд, а потім статистичний ряд вихідної інформації.
4. Визначити середнє значення ряду і характеристики розсіювання.
5. Перевірити вихідну інформацію на випадуючі точки.
6. За коефіцієнтом варіації підібрати теоретичний закон розподілу.
7. Скласти необхідні форми для розрахунку у вигляді табл. 3, 4, 5 (в залежності від закону розподілу).
8. Вирівняти емпіричний розподіл за теоретичним законом, використовуючи таблиці додатку.
9. Визначити ймовірність узгодження за критерієм Пірсона і Колмогорова.
10. За даними емпіричних і теоретичних частот побудувати полігон і теоретичну криву розподілу (мал.1).

ЗВІТ ПРО РОБОТУ

При виконанні практичної роботи кожен студент складає звіт, який відповідає такі питання: мета роботи; всі необхідні розрахунки; заповнені таблиці 3, 4, 5; графіки - полігон і теоретична крива розподілу.

Крім того, звіт повинен мати назву і номер практичної роботи, прізвище, ім'я і по-батькові студента, групу, курс, факультет.

РОЗРАХУНКОВІ ТАБЛИЦІ

Таблиця 3

Закон нормального розподілення

Інтервал		\bar{t}_i	m_i	z_i	$z_i m_i$	$z_i^2 m_i$	$\bar{t}_i - \bar{t}$	$t_0 = \frac{\bar{t}_i - \bar{t}}{\sigma}$	$f_0(t_0)$	m_T	$m_i - m_T$	$(m_i - m_T)^2$
t_{imin}	t_{imax}											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Продовження таблиці 3

$\frac{(m_i - m_T)^2}{m_T}$	P_T	P_i	$F_T = \sum_1^n P_T$	$F_\ominus = \sum_1^n P_i$	$F_\ominus - F_T$
14	15	16	17	18	19

Таблиця 4

Закон розподілу Вейбулла-Гнеденка

Інтервал		\bar{t}_i	m_i	z_i	$z_i m_i$	$z_i^2 m_i$	$\frac{\bar{t}_i}{a}$	$af(t)$	$\frac{af(t)}{a}$	m_T	$m_i - m_T$	$\frac{(m_i - m_T)^2}{m_T}$	P_T	P_i
t_{imin}	t_{imax}													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Продовження таблиці 4

F_T	$F_{\text{э}}$	$F_T - F_{\text{э}}$
16	17	18

Таблиця 5

Експоненціальний закон розподілу

Інтервал		\bar{t}_i	m_i	z_i	$z_i m_i$	$z_i^2 m_i$	$t = \frac{t_{in}}{\bar{t}}$	e^{-t}	$1 - e^{-t}$	P_T	m_T	$m_i - m_T$	$(m_i - m_T)^2$
t_{imin}	t_{imax}												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Продовження таблиці 5

$\frac{(m_i - m_T)^2}{m_T}$	P_i	$F_{\text{э}}$	$F_T - F_{\text{э}}$
15	16	17	18

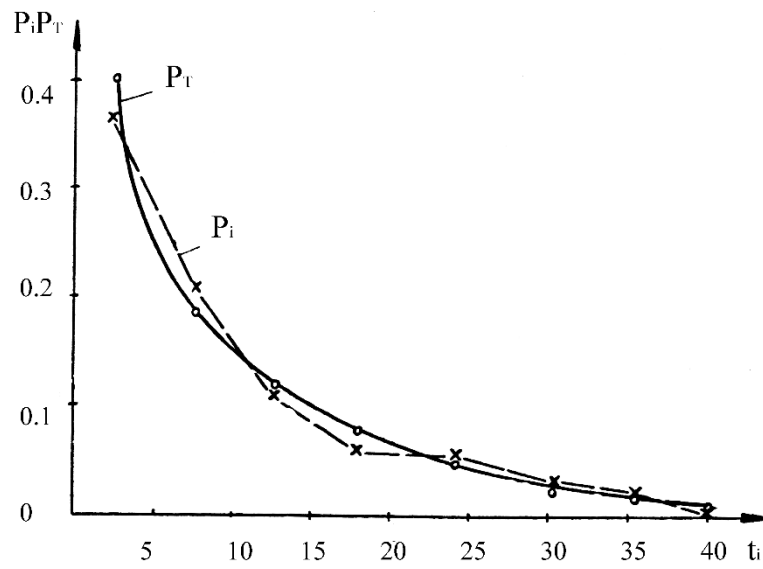


Рис. 1. Полігон і теоретична крива експоненціального закону розподілу

ДОДАТКИ ТА ЗАВДАННЯ

Диференціальна функція (функція щільності ймовірностей) закону нормального розподілу

$$f_0\left(\frac{\bar{t}_i - \bar{t}}{\sigma}\right)$$

$\left(\frac{\bar{t}_i - \bar{t}}{\sigma}\right)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,399	399	399	399	399	398	398	398	398	397
0,1	0,397	397	396	396	395	395	394	393	393	392
0,2	0,391	390	389	388	388	387	386	385	384	383
0,3	0,381	380	379	378	377	375	374	372	371	370
0,4	0,368	367	365	364	362	361	359	357	355	354
0,5	0,352	350	349	347	345	343	344	339	337	335
0,6	0,333	331	329	327	325	323	321	319	317	314
0,7	0,312	310	308	306	303	301	299	297	294	292
0,8	0,290	287	285	283	280	278	276	273	271	269
0,9	0,266	264	261	259	257	254	252	249	247	244
1,0	0,242	240	237	235	232	230	228	225	223	220
1,1	0,218	216	213	211	208	206	204	201	199	197
1,2	0,194	192	190	187	185	183	180	178	176	174
1,3	0,171	169	167	165	163	160	158	156	154	152
1,4	0,150	148	146	144	142	139	137	135	133	132
1,5	0,130	128	126	124	122	120	118	116	115	113
1,6	0,111	109	107	106	104	102	101	099	097	096
1,7	0,194	092	091	089	088	086	085	083	082	080
1,8	0,079	078	076	075	073	072	071	069	068	067
1,9	0,066	064	063	062	061	060	058	057	056	055
2,0	0,054	053	052	051	050	049	048	047	046	045
2,1	0,044	043	042	041	040	040	039	038	037	036
2,2	0,035	035	034	032	032	032	031	030	030	029
2,3	0,029	028	027	026	026	025	025	024	023	023
2,4	0,022	022	021	021	020	020	019	019	018	018
2,5	0,018	017	017	016	016	015	015	014	014	014
2,6	0,014	013	013	013	012	012	012	011	011	011
2,8	0,008	007	007	007	007	007	007	006	006	006
3,0	0,004	004	004	004	004	004	004	004	003	003

Інтегральна функція (функція розподілу)
закону нормального розподілу

$$F_0\left(\frac{\bar{t}_i - \bar{t}}{\sigma}\right)$$

$\left(\frac{\bar{t}_i - \bar{t}}{\sigma}\right)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,500	504	508	512	516	520	524	528	532	536
0,1	0,540	544	548	552	556	560	564	568	571	572
0,2	0,579	583	587	591	595	599	603	606	610	614
0,3	0,618	622	626	629	633	637	641	644	648	652
0,4	0,655	659	663	666	670	674	677	681	684	688
0,5	0,691	695	699	702	705	709	712	716	719	722
0,6	0,726	729	732	736	739	742	745	749	752	755
0,7	0,758	761	764	767	770	773	776	779	782	785
0,8	0,788	791	794	797	800	802	805	808	811	813
0,9	0,816	819	821	824	826	829	831	834	837	839
1,0	0,841	844	846	849	851	853	855	858	860	862
1,1	0,864	867	869	871	873	875	877	879	881	883
1,2	0,885	887	889	891	893	894	896	898	900	902
1,3	0,903	905	907	908	910	911	913	915	916	918
1,4	0,919	921	922	924	925	926	928	929	931	932
1,5	0,933	934	936	937	938	939	941	942	943	944
1,5	0,945	946	947	948	950	951	952	953	954	955
1,7	0,955	956	957	958	959	960	961	962	962	963
1,8	0,964	965	966	966	967	968	969	969	970	971
1,9	0,971	972	973	973	974	974	975	976	976	977
2,0	0,977	978	978	979	979	980	980	981	981	982
2,1	0,982	983	983	983	984	984	985	985	985	986
2,2	0,986	986	987	987	987	988	988	988	989	989
2,3	0,989	990	990	990	990	991	991	991	991	992
2,4	0,992	992	992	992	993	993	993	993	993	994
2,5	0,994	994	994	994	994	994	995	995	995	995
2,6	0,995	995	995	996	996	996	996	996	996	996
2,8	0,997	998	998	998	998	998	998	998	998	998
3,0	0,999	999	999	999	999	999	999	999	999	999

Параметри і коефіцієнти закону розподілу Вейбулла-Гнеденка (ЗРВ)

ϵ	k_ϵ	C_ϵ	V
0.800	1.133	1.428	1.261
0.820	1.114	1.367	1.227
0.832	1.100	1.424	1.200
0.840	1.096	1.311	1.196
0.880	1.066	1.214	1.139
0.900	1.152	1.171	1.113
0.920	1.040	1.132	1.088
0.960	1.018	1.061	1.042
0.980	1.009	1.029	1.020
1.000	1.000	1.000	1.000
1.040	0.984	0.947	0.962
1.080	0.971	0.900	0.927
1.120	0.959	0.858	0.894
1.160	0.949	0.821	0.862
1.200	0.941	0.787	0.837
1.240	0.933	0.757	0.811
1.280	0.926	0.729	0.787
1.320	0.921	0.704	0.765
1.360	0.916	0.681	0.744
1.400	0.911	0.660	0.724
1.420	0.909	0.650	0.714
1.440	0.908	0.640	0.705
1.460	0.906	0.631	0.696
1.480	0.904	0.622	0.687
1.500	0.903	0.613	0.679
1.520	0.901	0.605	0.671
1.540	0.900	0.597	0.663
1.560	0.899	0.589	0.655
1.580	0.898	0.581	0.647
1.600	0.897	0.574	0.640
2.240	0.886	0.418	0.472
2.260	0.886	0.415	0.468
2.280	0.886	0.412	0.465
2.300	0.886	0.408	0.461
2.320	0.886	0.405	0.457
2.340	0.886	0.402	0.454

ϵ	k_ϵ	C_ϵ	V
1.620	0.896	0.567	0.633
1.640	0.895	0.560	0.626
1.660	0.964	0.553	0.619
1.700	0.892	0.540	0.605
1.720	0.892	0.534	0.599
1.740	0.891	0.528	0.593
1.760	0.790	0.522	0.587
1.780	0.890	0.517	0.581
1.800	0.889	0.511	0.575
1.820	0.889	0.506	0.569
1.840	0.888	0.501	0.564
0.860	0.888	0.496	0.558
0.880	0.888	0.491	0.553
1.900	0.887	0.486	0.547
1.950	0.887	0.481	0.542
1.940	0.887	0.476	0.537
1.960	0.887	0.472	0.532
1.980	0.886	0.468	0.527
2.000	0.886	0.463	0.523
2.020	0.886	0.459	0.518
2.040	0.886	0.455	0.513
2.060	0.886	0.451	0.509
2.080	0.886	0.447	0.505
2.100	0.886	0.443	0.500
2.120	0.886	0.439	0.496
2.140	0.886	0.436	0.492
2.160	0.886	0.432	0.488
2.180	0.886	0.428	0.484
2.200	0.886	0.425	0.476
2.220	0.886	0.421	0.476
3.240	0.896	0.304	0.339
3.260	0.896	0.302	0.337
3.280	0.897	0.301	0.335
3.300	0.897	0.299	0.334
3.320	0.897	0.298	0.332
3.340	0.898	0.296	0.330

ϵ	k_ϵ	C_ϵ	V
2,360	0,886	0,399	0,451
2,380	0,886	0,396	0,447
2,400	0,886	0,393	0,444
2,420	0,887	0,391	0,441
2,440	0,887	0,388	0,437
2,480	0,887	0,382	0,431
2,500	0,887	0,380	0,428
2,520	0,887	0,377	0,425
2,540	0,888	0,347	0,422
2,560	0,888	0,372	0,419
2,580	0,888	0,369	0,416
2,600	0,888	0,367	0,413
2,620	0,889	0,362	0,407
2,680	0,889	0,357	0,402
2,700	0,889	0,355	0,399
2,720	0,889	0,353	0,397
2,740	0,890	0,315	0,394
2,760	0,890	0,348	0,392
2,780	0,890	0,346	0,389
2,800	0,890	0,344	0,387
2,820	0,891	0,342	0,384
2,840	0,891	0,340	0,382
2,860	0,891	0,338	0,379
2,880	0,891	0,336	0,377
2,900	0,892	0,334	0,375
2,920	0,892	0,332	0,372
2,940	0,892	0,330	0,370
2,960	0,862	0,328	0,368
2,980	0,893	0,326	0,366
3,000	0,893	0,325	0,363
3,020	0,893	0,323	0,361
3,040	0,893	0,321	0,359
3,060	0,894	0,319	0,357
3,080	0,894	0,317	0,355
3,100	0,894	0,316	0,353
3,120	0,895	0,314	0,351
3,140	0,895	0,312	0,349

ϵ	k_ϵ	C_ϵ	V
3,360	0,988	0,295	0,328
3,380	0,898	0,293	0,326
3,400	0,898	0,292	0,325
3,420	0,899	0,290	0,325
3,440	0,899	0,287	0,321
3,480	0,899	0,286	0,318
3,500	0,900	0,285	0,316
3,520	0,900	0,283	0,315
3,540	0,900	0,282	0,313
3,560	0,901	0,281	0,312
3,580	0,901	0,279	0,310
3,600	0,901	0,278	0,308
3,620	0,902	0,275	0,307
3,660	0,902	0,274	0,304
3,680	0,902	0,273	0,302
3,700	0,902	0,272	0,301
3,720	0,903	0,270	0,299
3,740	0,903	0,269	0,298
3,760	0,903	0,268	0,297
3,780	0,903	0,267	0,295
3,800	0,904	0,267	0,294
3,820	0,904	0,264	0,292
3,840	0,904	0,263	0,291
3,860	0,905	0,262	0,290
3,880	0,905	0,261	0,288
3,900	0,905	0,260	0,287
3,920	0,905	0,259	0,286
3,940	0,906	0,258	0,284
3,960	0,906	0,256	0,283
3,980	0,906	0,255	0,282
4,000	0,906	0,254	0,280
4,020	0,907	0,253	0,279
4,040	0,907	0,252	0,278
4,060	0,907	0,251	0,277
4,080	0,907	0,250	0,276
4,100	0,908	0,246	0,274
4,120	0,908	0,248	0,273

Продовження таблиці 3

ϵ	k_ϵ	C_ϵ	V
3,160	0,895	0,310	0,347
3,180	0,895	0,309	0,345
3,200	0,896	0,307	0,343
3,220	0,896	0,306	0,341

ϵ	k_ϵ	C_ϵ	V
4,140	0,908	0,247	0,272
4,160	0,908	0,246	0,271
4,180	0,909	0,245	0,270
4,200	0,909	0,244	0,268

Примітка: $\bar{t} = a \cdot k_\epsilon$; $\sigma = a \cdot C_\epsilon$; $a = \frac{\bar{t} - t_{cm}}{k_\epsilon}$;

Додаток. Таблиця 4

Функція щільності ймовірності $a f(t)$
закон розподілу Вейбулла-Гнеденка

b t/a	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0
0.1	0.905	711	536	392	281	198	030
0.2	0.819	752	662	565	470	384	119
0.3	0.741	745	719	672	613	548	263
0.4	0.670	716	735	733	714	682	450
0.5	0.607	766	726	759	776	779	662
0.6	0.549	630	700	757	803	837	870
0.7	0.497	582	662	734	800	858	1.043
0.8	0.449	534	616	695	771	844	1.151
0.9	0.407	487	566	645	723	801	1.172
1.0	0.368	442	515	589	662	736	1.104
1.1	0.333	399	464	529	593	656	959
1.2	0.301	359	414	468	520	569	767
1.3	0.273	321	367	409	447	480	564
1.4	0.247	287	323	353	377	394	378
1.5	0.223	256	282	301	313	316	231
1.6	0.202	227	245	253	255	247	128
1.7	0.183	202	212	213	205	189	064
1.8	0.165	178	182	176	162	141	029
1.9	0.150	157	155	144	126	103	011
2.0	0.135	139	132	117	096	073	004
2.1	0.123	122	112	094	073	051	001
2.2	0.111	107	194	075	054	035	-
2.3	0.100	094	079	060	040	023	-
2.4	0.091	082	066	047	029	015	-
2.5	0.082	072	055	036	021	010	-

Функція розподілу $F(t)$ закону Вейбулла-Гнеденка

$\begin{matrix} b \\ t/a \end{matrix}$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5
0.1	0.095	061	039	025	016	010	003	001	000
0.2	0.181	135	100	073	054	039	018	008	004
0.3	0.259	210	169	136	108	086	048	027	015
0.4	0.330	283	242	206	175	148	096	062	040
0.5	0.393	353	315	281	250	221	162	117	085
0.6	0.451	418	387	357	329	302	243	194	154
0.7	0.503	479	455	432	409	387	336	290	249
0.8	0.551	535	519	503	488	473	436	401	367
0.9	0.593	586	578	570	563	555	536	518	499
1.0	0.632	632	632	632	632	632	632	632	632
1.1	0.667	674	681	688	695	702	719	736	752
1.2	0.699	712	725	738	750	763	793	822	850
1.3	0.727	746	764	782	799	815	854	889	918
1.4	0.753	776	798	820	840	859	902	936	961
1.5	0.777	803	829	852	874	895	936	966	984
1.6	0.798	828	855	880	903	923	961	983	994
1.7	0.817	869	878	903	926	944	977	993	998
1.8	0.835	868	897	923	944	961	987	997	-
1.9	0.850	885	914	939	958	973	993	999	-
2.0	0.865	899	929	952	969	982	996	-	-
2.1	0.877	912	941	962	978	988	998	-	-
2.2	0.889	924	951	971	984	992	999	-	-
2.3	0.900	934	960	977	989	995	-	-	-
2.4	0.909	943	967	983	992	997	-	-	-
2.5	0.918	950	973	987	994	998	-	-	-

Додаток. Таблиця 6

t	e^t	e^{-t}	t	e^t	e^{-t}	t	e^t	e^{-t}
0	1.0000	1.0000	0.35	1.4191	0.7047	0.70	2.0138	0.4966
0.01	1.0050	0.9900	0.36	1.4333	0.6977	0.71	2.0340	0.4916
0.02	1.0202	0.9802	0.37	1.4477	0.6907	0.72	2.0544	0.4868
0.03	1.0305	0.9704	0.38	1.4623	0.6839	0.73	2.0751	0.4819
0.04	1.0408	0.9608	0.39	1.4770	0.6771	0.74	2.0959	0.4771
0.05	1.0513	0.9512	0.40	1.4918	0.6703	0.75	2.1170	0.4724
0.06	1.0618	0.9418	0.41	1.5068	0.6637	0.76	2.1383	0.4677
0.07	1.0725	0.9324	0.42	1.5220	0.6570	0.77	2.1598	0.4630
0.08	1.0833	0.9231	0.43	1.5379	0.6505	0.78	2.1815	0.4584
0.09	1.0942	0.9139	0.44	1.5527	0.6440	0.79	2.2034	0.4538
0.10	1.1052	0.9048	0.45	1.5683	0.6376	0.80	2.2255	0.4493
0.11	1.1163	0.8958	0.46	1.5841	0.6313	0.81	2.2479	0.4449
0.12	1.1275	0.8869	0.47	1.6000	0.6250	0.82	2.2705	0.4404
0.13	1.1388	0.8781	0.48	1.6161	0.6188	0.83	2.2933	0.4360
0.14	1.1503	0.8694	0.49	1.6323	0.6226	0.84	2.3164	0.4317
0.15	1.1618	0.8601	0.50	1.6487	0.6065	0.85	2.3396	0.4274
0.16	1.1735	0.8521	0.51	1.6653	0.6005	0.86	2.3632	0.4232
0.17	1.1853	0.8437	0.52	1.6820	0.5945	0.87	2.3869	0.4190
0.18	1.1972	0.8353	0.53	1.6989	0.5836	0.88	2.4169	0.4148
0.19	1.2092	0.8270	0.54	1.7060	0.5827	0.89	2.4351	0.4107
0.20	1.2214	0.8167	0.55	1.7333	0.5769	0.90	2.4596	0.4066
0.21	1.2337	0.8106	0.56	1.7507	0.5712	0.91	2.4843	0.4025
0.22	1.2461	0.8025	0.57	1.7683	0.5655	0.92	2.5093	0.3985
0.23	1.2586	0.7943	0.58	1.7860	0.5599	0.93	2.2345	0.3946
0.24	1.2712	0.7866	0.59	1.8040	0.5543	0.94	2.5600	0.3906
0.25	1.2840	0.7788	0.60	1.8221	0.5488	0.95	2.5857	0.3867
0.26	1.2969	0.7711	0.61	1.8404	0.5434	0.96	2.6117	0.3829
0.27	1.3100	0.7634	0.62	1.8589	0.5379	0.97	2.6379	0.3791
0.28	1.3231	0.7558	0.63	1.8776	0.5326	0.98	2.6645	0.3753
0.29	1.3364	0.7483	0.64	1.8965	0.5273	0.99	2.6912	0.3716
0.30	1.3499	0.7408	0.65	1.9155	0.5220	1.00	2.7183	0.3679
0.31	1.3634	0.7334	0.66	1.9348	0.5169	1.01	2.7456	0.3642
0.32	1.3771	0.7261	0.67	1.9542	0.5117	1.02	2.7732	0.3606
0.33	1.3910	0.7189	0.68	1.9639	0.5066	1.03	2.8011	0.3510
0.34	1.4049	0.7118	0.69	1.9937	0.5016	1.04	2.8292	0.3535

Продовження таблиці 6

t	e^t	e^{-t}	t	e^t	e^{-t}	t	e^t	e^{-t}
1,05	2,8577	0,3499	1,40	4,0552	0,2466	2,30	9,9742	0,1003
1,06	2,8864	0,3465	1,41	4,0960	0,2441	2,35	10,486	0,0954
1,07	2,9154	0,3430	1,42	4,1371	0,2417	2,40	11,023	0,0907
1,08	2,9447	0,3396	1,43	4,1787	0,2393	2,45	11,588	0,0863
1,09	2,9743	0,3362	1,44	4,2207	0,2369	2,50	12,182	0,0821
1,10	3,0042	0,3329	1,45	4,2631	0,2346	2,55	12,807	0,0781
1,11	3,0444	0,3296	1,46	4,3060	0,2322	2,60	13,464	0,0743
1,12	3,0649	0,3263	1,47	4,3492	0,2299	2,65	14,154	0,0707
1,13	3,0957	0,3230	1,48	4,3929	0,2276	2,70	14,880	0,0672
1,14	3,1268	0,3198	1,49	4,4371	0,2254	2,75	15,643	0,0639
1,15	3,1582	0,3166	1,50	4,4817	0,2231	2,80	16,445	0,0608
1,16	3,1899	0,3185	1,51	4,5267	0,2209	2,85	17,288	0,0578
1,17	3,2220	0,3140	1,52	4,5722	0,2187	2,90	18,174	0,0550
1,18	3,2544	0,3073	1,53	4,6182	0,2165	2,95	19,106	0,0523
1,19	3,2871	0,3042	1,54	4,6646	0,2144	3,00	20,086	0,0498
1,20	3,3201	0,3012	1,55	4,7115	0,2122	3,05	21,115	0,0472
1,21	3,3535	0,2982	1,56	4,7588	0,2101	3,10	22,198	0,0447
1,22	3,3872	0,2952	1,57	4,8066	0,2080	3,15	23,336	0,0423
1,23	3,4212	0,2923	1,58	4,8580	0,2060	3,20	24,533	0,0400
1,24	3,4556	0,2894	1,59	4,9037	0,2039	3,25	25,790	0,0378
1,25	3,4903	0,2865	1,60	4,9530	0,2019	3,30	27,113	0,0357
1,26	3,5254	0,2837	1,65	5,2070	0,1920	3,35	28,503	0,0337
1,27	3,5609	0,2808	1,70	5,4739	0,1827	3,40	29,964	0,0318
1,28	3,5966	0,2780	1,75	5,7546	0,1738	3,45	31,500	0,0300
1,29	3,6328	0,2753	1,80	6,0496	0,1653	3,50	33,115	0,0283
1,30	3,6693	0,2725	1,85	6,3596	0,1572	3,55	34,813	0,0267
1,31	3,7062	0,2698	1,90	6,6859	0,1496	3,60	36,598	0,0252
1,32	3,7434	0,2671	1,95	7,0287	0,1423	3,65	38,475	0,0238
1,33	3,7910	0,2645	2,00	7,3891	0,1353	3,70	40,447	0,0225
1,34	3,8190	0,2618	2,05	7,7679	0,1287	3,75	42,521	0,0213
1,35	3,8574	0,2592	2,10	8,1662	0,1226	3,80	44,701	0,0202
1,36	3,8962	0,2567	2,15	8,5849	0,1165	3,85	46,993	0,0192
1,37	3,9354	0,2541	2,20	9,0550	0,1108	3,90	49,402	0,0183
1,38	3,9749	0,2516	2,25	9,4877	0,1054	3,95	51,935	0,0175
1,39	4,0149	0,2490	2,30	9,9742	0,1003	4,00	54,5980	0,0168

Ймовірність $P(\chi^2)$ для критерію Персона

χ^2	K								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.6065	8013	9098	9626	9856	9948	9982	9994	9998
2	0.3679	5724	7358	8491	9197	9598	9810	9915	9963
3	0.2231	3916	5878	7000	8088	8850	9344	9643	9814
4	0.1353	2615	4060	5494	6767	7798	8571	9114	9373
5	0.0821	1718	2873	4159	5338	6600	7576	8343	8912
6	0.0498	1116	1991	3062	4232	5398	6472	7399	8153
7	0.0302	0719	1359	2206	3208	4289	5366	6371	7254
8	0.0183	0460	0916	1562	2318	3326	4335	5341	6288
9	0.0111	0293	0611	1091	1736	2527	3423	4373	5321
10	0.0067	0186	0404	0752	1247	1886	2650	3505	4405
11	0.0041	0117	0266	0514	0884	1386	2017	2757	3575
12	0.0025	0074	0174	0348	0620	1006	1512	2133	2851
13	0.0015	0046	0113	0234	0430	0721	1119	1626	2237
14	0.0009	0029	0073	0156	0226	0512	0818	1223	1730
15	0.0006	0018	0047	0104	0203	0360	0591	0909	1321
16	0.0003	0011	0030	0068	0138	0251	0424	0669	0996
17	0.0002	0007	0019	0045	0093	0174	0301	0487	0744
18	0.0001	0004	0012	0029	0062	0120	0212	0352	0550
19	0.0001	0003	0008	0019	0042	0082	0149	0252	0403
20	0.0000	0002	0005	0013	0028	0056	0103	0179	0293
21	0.0000	0001	0003	0008	0018	0038	0071	0126	0211
22	0.0000	0001	0002	0005	0012	0025	0049	089	0151
23	0.0000	0000	0001	0003	0008	0017	0034	0062	0107
24	0.0000	0000	0001	0002	0005	0011	0023	0043	0076
25	0.0000	0000	0001	0001	0003	0008	0016	0030	0053
26	0.0000	0000	0000	0001	0002	0005	0010	0020	0037
27	0.0000	0000	0000	0001	0001	0003	0007	0014	0026
28	0.0000	0000	0000	0000	0001	0002	0005	0010	0018
29	0.0000	0000	0000	0000	0001	0001	0003	0006	0012
30	0.0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0004	0009

χ^2	<i>K</i>								
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,9999	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,9985	9994	9998	9999	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	0,9907	9955	9979	9991	9998	9998	9998	1,00	1,00
4	0,9699	9834	9912	9955	9977	9989	9996	9998	9999
5	0,9312	9580	9752	9858	9921	9958	9978	9989	9994
6	0,8734	9161	9462	9665	9797	9881	9932	9962	9979
7	0,7991	8576	9022	9343	9576	9973	9835	9901	9942
8	0,7133	7851	8436	8893	9238	9489	9665	9786	9867
9	0,6219	7029	7729	8311	8775	9134	9403	9597	9735
10	0,5304	6160	6939	7622	8197	8666	9063	9619	9529
11	0,4433	5289	6102	6860	7526	8095	8566	8944	9238
12	0,3626	4457	5276	6063	6790	7440	8001	8472	8856
13	0,2933	3690	4478	5265	6023	6728	7362	7916	8385
14	0,2330	3007	3738	4497	5255	5887	6671	7291	7837
15	0,1825	2414	3074	3782	4514	5246	5955	6620	7226
16	0,1411	1912	2491	3134	3821	4530	5238	5925	5673
17	0,1079	1496	1993	2562	3189	3856	4544	5231	5899
18	0,0816	1157	1578	2068	2627	3239	3888	4557	5224
19	0,0611	0885	1231	1449	2137	2687	3285	3918	4568
20	0,0453	0671	0952	1301	1719	2202	2742	3328	3946
21	0,0334	0504	0729	1016	1368	1785	2263	2794	3368
22	0,0244	0375	0554	0786	1078	1432	1847	2320	2843
23	0,0177	0277	0417	0603	0841	1137	1493	1806	2373
24	0,0127	0203	0311	0458	0651	0895	1194	1550	1962
25	0,0091	0148	0231	0346	0499	0698	0947	1249	1605
26	0,0065	0107	0107	0259	0380	0540	0745	0998	1302
27	0,0046	0077	0124	0193	0287	0415	0581	0790	1047
28	0,0032	0055	0090	0142	0216	0316	0449	0621	0837
29	0,0023	0039	0065	0104	0161	0239	0345	0484	0660
30	0,0016	0028	0047	0076	0119	0180	0263	0374	0518

Ймовірність $P(\lambda)$ критерію Колмогорова

λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$
0,30	1,0000	0,75	0,6272	1,60	0,0120
0,35	0,9997	0,80	0,5441	1,70	0,0062
0,40	0,9972	0,85	0,4653	1,80	0,0032
0,45	0,9874	0,90	0,3927	1,90	0,0015
0,50	0,9639	0,95	0,3275	2,00	0,0007
0,55	0,9228	1,00	0,2700	2,10	0,0003
0,58	0,8898	1,10	0,1777	2,20	0,0001
0,60	0,8643	1,20	0,1122	2,30	0,0001
0,64	0,8073	1,30	0,0681	2,40	0,0000
0,65	0,7920	1,40	0,0597	2,50	0,0000
0,70	0,7112	1,50	0,0222	-	-

ЗАВДАННЯ

Варіант 1

$N = 124, N_0=25, T=880$

540	600	690	705	710	720	730	750
777	790	800	800	820	825	840	845
850	860	870	878	880	890	901	910
915	920	920	920	925	930	936	940
950	955	970	975	980	983	990	1000
1010	1015	1025	1030	1033	1038	1045	1051
1060	1065	1070	1070	1075	1081	1082	1085
1090	1095	1099	1105	1110	1111	1120	1121
1125	1127	1130	1135	1139	1140	1150	1171
1180	1188	1190	1200	1205	1210	1210	1210
1215	1220	1221	1225	1230	1230	1230	1230
1233	1236	1237	1238	1239	1240	1244	1246
1250	1255	1256	1260	1261	1263	1265	1270
1270	1271	1274	1275	1277	1280	1282	1285
1288	1290	1292	1293	1295	1298	1305	1305
				1320	1321	1322	1325

Варіант 2

$N = 138, N_0=25, T=780$

550	590	610	630	635	640	650	660
670	690	705	710	720	723	735	738
740	750	761	777	780	781	785	790
795	798	803	805	810	811	815	819
821	830	835	838	845	848	850	855
860	865	870	871	875	877	878	879
890	890	890	890	891	893	895	895
897	899	901	905	910	912	915	917
920	921	923	925	929	930	933	935
935	935	940	941	945	945	950	950
950	950	950	953	955	957	959	960
961	963	965	965	965	965	967	967
969	969	970	972	974	975	977	979
980	980	980	980	985	985	987	988
988	989	990	990	990	993	995	997
998	999	1002	1005	1005	1010	1040	1042
1050	1061	1066	1066	1069	1070	1075	1081
1091	1111						

Варіант 3

$N = 110, N_0=25, T=780$

1344	1346	1350	1355	1359	1360	1370	1371
1377	1380	1380	1385	1381	1388	1390	1395
1397	1399	1400	1400	1400	1400	1400	1406
1410	1410	1415	1420	1421	1422	1425	1431
1433	1435	1437	1440	1444	1445	1449	1450
1450	1450	1455	1457	1459	1460	1461	1462
1465	1467	1469	1470	1471	1472	1477	1479
1480	1481	1485	1485	1487	1488	1488	1489
1505	1510	1510	1515	1520	1525	1530	1535
1540	1545	1550	1555	1570	1570	1582	1585
1590	1600	1620	1625	1629	1633	1638	1641
1655	1666	1671	1675	1678	1681	1687	1690
1690	1691	1695	1695	1697	1699	1705	1710
		1740	1750	1777	1780	1800	1850

Варіант 4

$N = 118, N_0=25, T=670$

450	460	480	500	550	610	615	630
632	641	645	645	646	649	650	655
655	666	670	677	681	683	685	688
700	710	750	790	805	810	810	815
817	820	825	825	830	830	830	840
842	845	850	855	860	864	872	877
888	890	890	900	905	910	915	921
921	930	935	945	950	950	960	965
976	980	980	980	987	989	990	990
995	1005	1005	1010	1020	1026	1030	1035
1041	1045	1047	1050	1060	1070	1075	1090
1100	1100	1100	1110	1120	1125	1133	1140
1140	1150	1152	1155	1160	1170	1177	1195
1203	1210	1215	1228	1241	1290	1300	1350
1355	1390	1430	1444	1501	1580		

Варіант 5N = 136, N₀=25, T=777

550	590	610	630	635	640	650	660
670	690	705	710	720	723	735	738
740	750	761	777	780	781	785	790
795	798	803	805	810	811	815	819
821	830	835	838	845	848	850	855
860	865	870	871	875	877	878	879
890	890	890	890	891	893	895	895
897	899	901	905	910	912	915	917
920	921	923	925	929	930	933	935
935	935	940	941	945	945	950	950
950	950	950	953	955	957	959	960
961	963	965	965	965	965	967	967
969	969	970	972	974	975	977	979
980	980	980	980	985	985	987	988
988	989	990	990	990	993	995	997
998	999	1002	1005	1005	1010	1040	1042
1050	1061	1066	1066	1069	1070	1075	1081

Варіант 6N = 82, N₀=25, T=700

701	710	718	721	735	740	755
768	790	801	805	815	825	828
828	830	841	845	850	855	855
870	899	901	907	911	912	913
915	915	916	921	928	929	932
941	945	945	945	950	951	960
968	969	978	981	985	985	987
989	995	997	997	998	998	999
1001	1010	1010	1010	1018	1019	1020
1021	1028	1029	1035	1035	1038	1058
1040	1041	1045	1048	1050	1060	1111
1121	1140	1148	1148	1151		

Варіант 7N = 120, N₀=25, T=720

550	590	610	630	635	640	650	660
670	690	705	710	720	723	735	738
740	750	761	777	780	781	785	790
795	798	803	805	810	811	815	819
821	830	835	838	845	848	850	855
860	865	870	871	875	877	878	879
890	890	890	890	891	893	895	895
897	899	901	905	910	912	915	917
920	921	923	925	929	930	933	935
935	935	940	941	945	945	950	950
950	950	950	953	955	957	959	960
961	963	965	965	965	965	967	967
969	969	970	972	974	975	977	979
980	980	980	980	985	985	987	988
988	989	990	990	990	993	995	997

Варіант 8N = 120, N₀=25, T=720

730	860	910	950	955	977	981
999	1000	1010	1015	1021	1033	1045
1050	1070	1093	1111	1118	1121	1133
1141	1144	1150	1155	1157	1160	1171
1171	1180	1190	1200	1210	1222	1240
1255	1255	1260	1280	1281	1288	1290
1291	1299	1305	1310	1318	1321	1325
1328	1333	1339	1341	1356	1359	1368
1371	1379	1390	1395	1400	1410	1415
1421	1425	1429	1435	1438	1441	1453
1455	1460	1465	1465	1469	1475	1477
1477	1481	1488	1491	1495	1497	1498
1503	1525	1529	1530	1545	1550	1558
1560	1571	1580	1589	1591	1600	1650
	1677	1710	1740	1750	1777	1800

Варіант 9N = 96, N₀=25, T=700

550	590	610	630	635	640	650	660
670	690	705	710	720	723	735	738
740	750	761	777	780	781	785	790
795	798	803	805	810	811	815	819
821	830	835	838	845	848	850	855
860	865	870	871	875	877	878	879
890	890	890	890	891	893	895	895
897	899	901	905	910	912	915	917
920	921	923	925	929	930	933	935
935	935	940	941	945	945	950	950
950	950	950	953	955	957	959	960
961	963	965	965	965	965	967	967

Варіант 10N = 84, N₀=25, T=710

701	710	718	721	735	740	755
768	790	801	805	815	825	828
828	830	841	845	850	855	855
870	899	901	907	911	912	913
915	915	916	921	928	929	932
941	945	945	945	950	951	960
968	969	978	981	985	985	987
989	995	997	997	998	998	999
1001	1010	1010	1010	1018	1019	1020
1021	1028	1029	1035	1035	1038	1038
1040	1041	1045	1048	1050	1060	1111
1121	1140	1148	1148	1151	1190	1201

Варіант 11N = 136, N₀=25, T=880

540	600	690	705	710	720	730	750
777	790	800	800	820	825	840	845
850	860	870	878	880	890	901	910
915	920	920	920	925	930	936	940
950	955	970	975	980	983	990	1000
1010	1015	1025	1030	1033	1038	1045	1051
1060	1065	1070	1070	1075	1081	1082	1085
1090	1095	1099	1105	1110	1111	1120	1121
1125	1127	1130	1135	1139	1140	1150	1171
1180	1188	1190	1200	1205	1210	1210	1210
1215	1220	1221	1225	1230	1230	1230	1230
1233	1236	1237	1238	1239	1240	1244	1246
1250	1255	1256	1260	1261	1263	1265	1270
1270	1271	1274	1275	1277	1280	1282	1285
1288	1290	1292	1293	1295	1298	1305	1305
1310	1310	1311	1315	1320	1321	1322	1325
1326	1326	1328	1329	1335	1335	1340	1342

Варіант 12N = 136, N₀=25, T=800

550	590	610	630	635	640	650	660
670	690	705	710	720	723	735	738
740	750	761	777	780	781	785	790
795	798	803	805	810	811	815	819
821	830	835	838	845	848	850	855
860	865	870	871	875	877	878	879
890	890	890	890	891	893	895	895
897	899	901	905	910	912	915	917
920	921	923	925	929	930	933	935
935	935	940	941	945	945	950	950
950	950	950	953	955	957	959	960
961	963	965	965	965	965	967	967
969	969	970	972	974	975	977	979
980	980	980	980	985	985	987	988
988	989	990	990	990	993	995	997
998	999	1002	1005	1005	1010	1040	1042
		1066	1066	1069	1070	1075	1081
		1150	1190				

Варіант 13N = 149, N₀=17, T=930

555	600	680	710	721	750	777
790	800	850	860	890	901	910
918	921	930	935	937	949	958
971	990	995	1000	1005	1018	1021
1033	1045	1048	1053	1061	1077	1081
1089	1091	1095	1099	1101	1105	1105
1108	1110	1111	1121	1123	1125	1125
1125	1125	1129	1130	1130	1130	1135
1137	1139	1140	1140	1140	1140	1145
1151	1155	1155	1155	1160	1165	1165
1165	1170	1170	1170	1170	1171	1171
1174	1180	1185	1185	1190	1191	1195
1198	1199	1200	1200	1200	1200	1210
1210	1215	1215	1220	1220	1225	1228
1231	1233	1235	1235	1237	1240	1245
1245	1250	1255	1255	1255	1260	1260
1261	1275	1277	1280	1281	1290	1295
1299	1310	1321	1325	1329	1333	1335
1335	1341	1345	1350	1355	1360	1370
1375	1400	1405	1444	1450	1460	1505
1555	1555	1560	1570	1600	1605	1620
1750	1800					

Варіант 14N = 84, N₀=25, T=600

701	710	718	721	735	740	755
768	790	801	805	815	825	828
828	830	841	845	850	855	855
870	899	901	907	911	912	913
915	915	916	921	928	929	932
941	945	945	945	950	951	960
968	969	978	981	985	985	987
989	995	997	997	998	998	999
1001	1010	1010	1010	1018	1019	1020
1021	1028	1029	1035	1035	1038	1058
1040	1041	1045	1048	1050	1060	1111
1121	1140	1148	1148	1151	1190	1201

Варіант 15N = 112, N₀=25, T=700

1344	1346	1350	1355	1359	1360	1370	1371
1377	1380	1380	1385	1381	1388	1390	1395
1397	1399	1400	1400	1400	1400	1400	1406
1410	1410	1415	1420	1421	1422	1425	1431
1433	1435	1437	1440	1444	1445	1449	1450
1450	1450	1455	1457	1459	1460	1461	1462
1465	1467	1469	1470	1471	1472	1477	1479
1480	1481	1485	1485	1487	1488	1488	1489
1505	1510	1510	1515	1520	1525	1530	1535
1540	1545	1550	1555	1570	1570	1582	1585
1590	1600	1620	1625	1629	1633	1638	1641
1655	1666	1671	1675	1678	1681	1687	1690
1690	1691	1695	1695	1697	1699	1705	1710
1715	1730	1740	1750	1777	1780	1800	1850

Варіант 16N = 110, N₀=20, T=1121

730	860	910	950	955	977	981
999	1000	1010	1015	1021	1033	1045
1050	1070	1093	1111	1118	1121	1133
1141	1144	1150	1155	1157	1160	1171
1171	1180	1190	1200	1210	1222	1240
1255	1255	1260	1280	1281	1288	1290
1291	1299	1305	1310	1318	1321	1325
1328	1333	1339	1341	1356	1359	1368
1371	1379	1390	1395	1400	1410	1415
1421	1425	1429	1435	1438	1441	1453
1455	1460	1465	1465	1469	1475	1477
1477	1481	1488	1491	1495	1497	1498
1503	1525	1529	1530	1545	1550	1558
1560	1571	1580	1589	1591	1600	1650
1670	1677	1710	1740	1750	1777	1800
1823	1840	1860	1880	1950		

Варіант 17N = 117, N₀=25, T=670

450	460	480	500	550			
632	641	645	645	646	649	650	655
655	666	670	677	681	683	685	688
700	710	750	790	805	810	810	815
817	820	825	825	830	830	830	840
842	845	850	855	860	864	872	877
888	890	890	900	905	910	915	921
921	930	935	945	950	950	960	965
976	980	980	980	987	989	990	990
995	1005	1005	1010	1020	1026	1030	1035
1041	1045	1047	1050	1060	1070	1075	1090
1100	1100	1100	1110	1120	1125	1133	1140
1140	1150	1152	1155	1160	1170	1177	1195
1203	1210	1215	1228	1241	1290	1300	1350
1355	1390	1430	1444	1501	1580	1591	1595

Варіант 18N = 25, N₀=25, T=100

45	47	49	52	53	55	55
56	57	59	61	62	65	65
68	68	69	72	73	76	79
79	83	86	86	89	91	95
99	105	105	109	109	111	114
114	116	119	121	122	128	129
135	136	137	145	149	152	155
155	156	159	160	163	168	169
171	175	177	179	180	185	188
189	194	195	200	201	205	210

Варіант 19N = 133, N₀=25, T=930

555	600	680	710	721	750	777
790	800	850	860	890	901	910
918	921	930	935	937	949	958
971	990	995	1000	1005	1018	1021
1033	1045	1048	1053	1061	1077	1081
1089	1091	1095	1099	1101	1105	1105
1108	1110	1111	1121	1123	1125	1125
1125	1125	1129	1130	1130	1130	1135
1137	1139	1140	1140	1140	1140	1145
1151	1155	1155	1155	1160	1165	1165
1165	1170	1170	1170	1170	1171	1171
1174	1180	1185	1185	1190	1191	1195
1198	1199	1200	1200	1200	1200	1210
1210	1215	1215	1220	1220	1225	1228
1231	1233	1235	1235	1237	1240	1245
1245	1250	1255	1255	1255	1260	1260
1261	1275	1277	1280	1281	1290	1295
1299	1310	1321	1325	1329	1333	1335
1335	1341	1345	1350	1355	1360	1370

Варіант 20N = 86, N₀=20, T=630

701	710	718	721	735	740	755
768	790	801	805	815	825	828
828	830	841	845	850	855	855
870	899	901	907	911	912	913
915	915	916	921	928	929	932
941	945	945	945	950	951	960
968	969	978	981	985	985	987
989	995	997	997	998	998	999
1001	1010	1010	1010	1018	1019	1020
1021	1028	1029	1035	1035	1038	1038
1040	1041	1045	1048	1050	1060	1111
1121	1140	1148	1148	1151	1190	1201
1209	1222	1242	1270			

Варіант 21N = 104, N₀=25, T=630

730	860	910	950	955	977	981
999	1000	1010	1015	1021	1033	1045
1050	1070	1093	1111	1118	1121	1133
1141	1144	1150	1155	1157	1160	1171
1171	1180	1190	1200	1210	1222	1240
1255	1255	1260	1280	1281	1288	1290
1291	1299	1305	1310	1318	1321	1325
1328	1333	1339	1341	1356	1359	1368
1371	1379	1390	1395	1400	1410	1415
1421	1425	1429	1435	1438	1441	1453
1455	1460	1465	1465	1469	1475	1477
1477	1481	1488	1491	1495	1497	1498
1503	1525	1529	1530	1545	1550	1558
1560	1571	1580	1589	1591	1600	1650
	1677	1710	1740	1750	1777	1800

Варіант 22N = 104, N₀=25, T=700

1344	1346	1350	1355	1359	1360	1370	1371
1377	1380	1380	1385	1381	1388	1390	1395
1397	1399	1400	1400	1400	1400	1400	1406
1410	1410	1415	1420	1421	1422	1425	1431
1433	1435	1437	1440	1444	1445	1449	1450
1450	1450	1455	1457	1459	1460	1461	1462
1465	1467	1469	1470	1471	1472	1477	1479
1480	1481	1485	1485	1487	1488	1488	1489
1505	1510	1510	1515	1520	1525	1530	1535
1540	1545	1550	1555	1570	1570	1582	1585
1590	1600	1620	1625	1629	1633	1638	1641
1655	1666	1671	1675	1678	1681	1687	1690
1690	1691	1695	1695	1697	1699	1705	1710

Варіант 23N = 88, N₀=25, T=500

50	51	51	52	55	54	55	58	58	59	59
60	61	63	65	73	66	71	78	77	75	78
85	88	88	81	78	83	88	82	86	87	85
90	91	89	90	93	98	97	96	99	99	98
99	100	101	105	115	112	109	105	106	111	104
111	106	117	119	121	165	157	128	142	178	156
145	175	128	154	165	177	149	157	171	177	154
121	136	136	132	154	167	181	156	177	181	136

Варіант 24N = 120, N₀=25, T=600

450	460	480	500	550	610	615	630
632	641	645	645	646	649	650	655
655	666	670	677	681	683	685	688
700	710	750	790	805	810	810	815
817	820	825	825	830	830	830	840
842	845	850	855	860	864	872	877
888	890	890	900	905	910	915	921
921	930	935	945	950	950	960	965
976	980	980	980	987	989	990	990
995	1005	1005	1010	1020	1026	1030	1035
1041	1045	1047	1050	1060	1070	1075	1090
1100	1100	1100	1110	1120	1125	1133	1140
1140	1150	1152	1155	1160	1170	1177	1195
1203	1210	1215	1228	1241	1290	1300	1350
1355	1390	1430	1444	1501	1580	1591	1595

Варіант 25N = 104, N₀=25, T=700

450	460	480	500	550	610	615	630
632	641	645	645	646	649	650	655
655	666	670	677	681	683	685	688
700	710	750	790	805	810	810	815
817	820	825	825	830	830	830	840
842	845	850	855	860	864	872	877
888	890	890	900	905	910	915	921
921	930	935	945	950	950	960	965
976	980	980	980	987	989	990	990
995	1005	1005	1010	1020	1026	1030	1035
1041	1045	1047	1050	1060	1070	1075	1090
1100	1100	1100	1110	1120	1125	1133	1140
1140	1150	1152	1155	1160	1170	1177	1195

Варіант 26N = 99, N₀=25, T=750

730	860	910	950	955	977	981
999	1000	1010	1015	1021	1033	1045
1050	1070	1093	1111	1118	1121	1133
1141	1144	1150	1155	1157	1160	1171
1171	1180	1190	1200	1210	1222	1240
1255	1255	1260	1280	1281	1288	1290
1291	1299	1305	1310	1318	1321	1325
1328	1333	1339	1341	1356	1359	1368
1371	1379	1390	1395	1400	1410	1415
1421	1425	1429	1435	1438	1441	1453
1455	1460	1465	1465	1469	1475	1477
1477	1481	1488	1491	1495	1497	1498
1503	1525	1529	1530	1545	1550	1558
1560	1571	1580	1589	1591	1600	1650
1670						

Варіант 27N = 112, N₀=25, T=350

450	460	480	500	550	610	615	630
632	641	645	645	646	649	650	655
655	666	670	677	681	683	685	688
700	710	750	790	805	810	810	815
817	820	825	825	830	830	830	840
842	845	850	855	860	864	872	877
888	890	890	900	905	910	915	921
921	930	935	945	950	950	960	965
976	980	980	980	987	989	990	990
995	1005	1005	1010	1020	1026	1030	1035
1041	1045	1047	1050	1060	1070	1075	1090
1100	1100	1100	1110	1120	1125	1133	1140
1140	1150	1152	1155	1160	1170	1177	1195
1203	1210	1215	1228	1241	1290	1300	1350

Варіант 28N = 105, N₀=25, T=400

730	860	910	950	955	977	981
999	1000	1010	1015	1021	1033	1045
1050	1070	1093	1111	1118	1121	1133
1141	1144	1150	1155	1157	1160	1171
1171	1180	1190	1200	1210	1222	1240
1255	1255	1260	1280	1281	1288	1290
1291	1299	1305	1310	1318	1321	1325
1328	1333	1339	1341	1356	1359	1368
1371	1379	1390	1395	1400	1410	1415
1421	1425	1429	1435	1438	1441	1453
1455	1460	1465	1465	1469	1475	1477
1477	1481	1488	1491	1495	1497	1498
1503	1525	1529	1530	1545	1550	1558
1560	1571	1580	1589	1591	1600	1650
1670	1677	1710	1740	1750	1777	1800

Варіант 29N = 114, N₀=25, T=700

1344	1346	1350	1355	1359	1360	1370	1371
1377	1380	1380	1381	1385	1388	1390	1395
1397	1399	1400	1400	1400	1400	1400	1406
1410	1410	1415	1420	1421	1422	1425	1431
1433	1435	1437	1440	1444	1445	1449	1450
1450	1450	1455	1457	1459	1460	1461	1462
1465	1467	1469	1470	1471	1472	1477	1479
1480	1481	1485	1485	1487	1488	1488	1489
1505	1510	1510	1515	1520	1525	1530	1535
1540	1545	1550	1555	1570	1570	1582	1585
1590	1600	1620	1625	1629	1633	1638	1641
1655	1666	1671	1675	1678	1681	1687	1690
1690	1691	1695	1695	1697	1699	1705	1710
1715	1730	1740	1750	1777	1780	1800	1850
1870	1890						

Варіант 30N = 117, N₀=25, T=880

540	600	690	705	710	720	730	750
777	790	800	800	820	825	840	845
850	860	870	878	880	890	901	910
915	920	920	920	925	930	936	940
950	955	970	975	980	983	990	1000
1010	1015	1025	1030	1033	1038	1045	1051
1060	1065	1070	1070	1075	1081	1082	1085
1090	1095	1099	1105	1110	1111	1120	1121
1125	1127	1130	1135	1139	1140	1150	1171
1180	1188	1190	1200	1205	1210	1210	1210
1215	1220	1221	1225	1230	1230	1230	1230
1233	1236	1237	1238	1239	1240	1244	1246
1250	1255	1256	1260	1261	1263	1265	1270
1270	1271	1274	1275	1277	1280	1282	1285
1288	1290	1292	1293	1295			

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВИРОБІВ, ЩО НЕ РЕМОНТУЮТЬСЯ ДЛЯ ПОВНОЇ ВИБОРКИ – ПЛАН СПОСТЕРЕЖЕНЬ [NUN]

Мета роботи: засвоїти методику і набути навичок визначення показників надійності виробів та їх довірчих меж для повної вибірки.

Обладнання робочого місця: установка для моделювання наробіток до відмови кожного з генеральної вибірки однотипових виробів, що досліджуємо; обчислювальна машина (інженерний мікрокалькулятор типу).

Зміст роботи: на моделювальній установці визначити величини експлуатаційної наробітки до відмови кожного виробу або групи виробів. Інформація про об'єкті може бути задана викладачем.

По одержаних даних визначити кількісні значення показників надійності, підібравши відповідний теоретичний закон розподілу, побудувати графік зміни ймовірності безвідмовної роботи в залежності від наробітки.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПО РОБОТІ

До виробів, що не ремонтуються відносять деталі або нерозбірні вузли, які працюють до першої відмови, а потім вибраковуються, так як їх відновлення з технічних або економічних поглядів не доцільно.

Показники надійності не ремонтіваних виробів є випадковими величинами, тому для визначення їх кількісних значень потрібен статистичний матеріал.

Для збору достатньої кількості інформації про відмови, спостереження ведуть за партією однотипних виробів в умовах рядової експлуатації, та в умовах спеціальних випробувань, моделюючих відмов.

В процесі спостереження реєструють час (наробітку), від початку роботи об'єкту до настання його відмови.

План випробування [NUN] трактується таким чином: під спостереження поставлено N виробів, випробування проводяться з фіксуванням часу наробітку U до появи відмови, або настання граничного стану виробу всіх N виробів.

Вироби, що відмовили вибраковуються, новими не замінюються і в подальшому процесі випробування участі не приймають.

Послідуюча обробка експериментальних даних зводиться до визначення показників безвідмовності і довговічності генеральної сукупності досліджуваних об'єктів.

Статистична оцінка показників надійності не ремонтуваних виробів здійснюється за допомогою наступних залежностей.

Показники безвідмовності:

Середній наробіток на відмову - математичне сподівання (середня значення) наробітки до першої відмови. Для невідновлених об'єктів середній наробіток до першої відмови рівнозначна середній наробітки до відмови:

$$\bar{T}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (1)$$

де t_i - наробіток i -го об'єкту до відмови;

N - кількість виробів на випробуванні.

При статистичній оцінці цього показника використовується наступний вираз:

$$\bar{T}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \bar{t}_i m_i, \quad (2)$$

де n - кількість інтервалів статистичного ряду;

\bar{t}_i - середнє значення наробітки в інтервалі;

m_i - кількість відмов в кожному інтервалі \bar{t}_i .

Інтенсивність відмов - умовна щільність ймовірності появи відмови об'єкта, що не відновлюється, визначається для моменту часу і розглядається при умові, що до цього моменту відмова не наступила.

Фізичний зміст щільності ймовірності відмови - це ймовірність відмови за достатньо малу одиницю часу:

$$P(t)\lambda(t)\Delta t = f(t)\Delta t \quad . \quad (3)$$

Тоді:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} \quad . \quad (4)$$

За наближеною статистичною формулою інтенсивність відмов визначається:

$$\lambda(t) = \frac{m_i(\bar{t}_i)}{\bar{N}u_i(\bar{t}_i)}, \quad (5)$$

де $m_i(\bar{t}_i)$ - число відмов об'єктів в проміжку \bar{t}_i

$\bar{N}u_i(\bar{t}_i)$ - середня кількість справних об'єктів в проміжку \bar{t}_i .;

$$\bar{N}u_i(t_i) = \frac{Nu_{in} + Nu_{ik}}{2}, \quad (6)$$

де Nu_{in} - кількість справних об'єктів на початку \bar{t}_i ;

Nu_{ik} - кількість справних об'єктів в кінці проміжку \bar{t}_i .

Ймовірність безвідмовної роботи - ймовірність того, що в границях за даного наробітку відмови об'єкту не буде.

Аналітичний вираз для визначення $P(t)$:

$$P(t) = 1 - F(t_i), \quad (7)$$

де $F(t_i)$ - табульована функція статистичного розподілу відмов, що розшукується за аргументом:

$F\left(\frac{\bar{t}_i - \bar{t}}{\sigma}\right)$ - таблиці додатків до практичної роботи №1 для відповідних законів розподілу.

При статистичній оцінці величина $P(t)$ може бути визначена за наступним виразом:

$$P(t) = 1 - \frac{\sum_1^n m_i}{N}, \quad (8)$$

де $\sum_1^n m_i$ - зростаюча кількість відмов в кожному інтервалі \bar{t}_i .

Показники довговічності

Гамма-процентний ресурс - наробіток протягом якого об'єкт не досягає граничного стану з заданою вірогідністю γ -відсотків.

Гамма-відсотковий ресурс більш важливий в практичному плані так, як в результаті неминучого розсіювання величини довго строкості сільськогосподарської техніки при змінних умовах експлуатації, їх довговічність - величина статистична, яка визначається за даними про довговічність великої групи об'єктів.

Гамма-відсотковий ресурс - ресурс, який має і перевищує в середньому обумовлене число γ -відсотків виробів даного типу. Таким чином даний відсоток об'єктів γ -регламентована ймовірність.

Якщо ресурс має розподіл з цінністю ймовірності $f(t)$, гамма-відсотковий ресурс t_γ знаходять з рівняння:

$$P(t_\gamma) = \frac{\gamma}{100}. \quad (9)$$

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Визначення числових значень окремих показників надійності в вирішенні практичних задач часто не достатньо. Більшу інформацію про динаміку зміни цих показників можна одержати, встановивши вид теоретичного розподілу, оскільки він характеризує визначену модель відмов.

Визначення теоретичного закону розподілу дозволяє екстраполювати експериментальні данні, отриманні з обмеженої кількості спостережень та виявити генеральні характеристики зміни показників надійності з високим ступенем точності.

Найбільш простий метод визначення параметрів теоретичного закону розподілу за емпіричними даними полягає в наступному:

1. За експериментальними даними показника надійності складається статистичний ряд вихідної інформації.
2. Визначаються середнє значення ряду і характеристики розсіювання (дисперсія, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації).
3. Перевіряється вихідна інформація на точки, що випадають та визначається теоретичний закон розподілу.
4. "Вирівнюється" емпіричний розподіл за теоретичним законом і визначається ймовірність згоди за критеріями Пірсона і Колмогорова
5. Визначаються точкові оцінки та довірчі межі для параметрів встановленого закону.
6. Визначаються показники надійності для встановленого закону розподілу та їх довіри межі.
7. Будується графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від наробітку з нанесенням середнього наробітку на відмову та гама-відсоткового ресурсу.

Статистичний ряд вихідної інформації доцільно записати у вигляді інтервалів, крок яких визначається з виразу аналогічного формулі (1) практичної роботи №1:

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n} = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{1 + 3.2 \lg N} . \quad (10)$$

Вихідні дані заносяться в табл. 1 і визначаються параметри статистичного розподілу.

Параметри статистичного розподілу:

- середній наробіток до відмов

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \bar{t}_i m_i, \quad (11)$$

Таблиця 1

$t_{i \min}$	$t_{i \max}$	m_i	\bar{t}_i	$\bar{t}_i m_i$	$\bar{t}_i - \bar{t}$	$(\bar{t}_i - \bar{t})^2$	$(\bar{t}_i - \bar{t})^2 \cdot m_i$

$$\sum_{i=1}^n m_i = N$$

$$\sum_{i=1}^n \bar{t}_i m_i$$

$$\sum_{i=1}^n (\bar{t}_i - \bar{t})^2 m_i$$

- середньоквадратичне відхилення

для вибірки $N < 25$: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{t}_i - \bar{t})^2 m_i}{N-1}}, \quad (12)$

- для вибірки $N > 25$: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{t}_i - \bar{t})^2 m_i}{N}}, \quad (13)$

- коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t}}. \quad (14)$$

По значенню коефіцієнту варіації задається визначеним законом розподілу.

Далі параметри статистичного розподілу прирівнюються до відповідних параметрів теоретичної щільності розподілу та обчислюється за наступними залежностями.

Для експоненціального однопараметрового розподілу необхідно визначити один параметр λ . Для цього закону показники надійності розраховуються за наступними формулами:

- ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (15)$$

де $e^{-\lambda t}$ - приведені в табл. 6 додатків до практичної роботи №1,

- інтенсивність відмов $\lambda(t) = \frac{1}{t}. \quad (16)$

Для закону нормального розподілу показники надійності визначаються із співвідношень:

- ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = F_0\left(\frac{\bar{t}_i - \bar{t}}{\sigma}\right), \quad (17)$$

де F_0 – табульоване значення функції розподілу відмов, табл.2., додаток до практичної роботи №1,

- інтенсивність відмов

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (18)$$

де $f(t) = f_0 \left(\frac{\bar{t}_i - \bar{t}}{\sigma} \right)$ – табульована щільність розподілу часу безвідмовної роботи, табл.1, додатку до практичної роботи №1.

Для закону Вейбулла - Гнеденка двох параметричного розподілу, показників надійності підраховують за наступними виразами:

- ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b} \text{ або } P(t) = 1 - F(t), \quad (19)$$

де a і b – параметри закону ЗРВ, визначається за табл.3. додаток до практичної роботи 1;

$F(t)$ - табульоване значення функції розподілу відмов в залежності від $\frac{t}{a}$ і b , табл. 5 додаток до практичної роботи №1;

- інтенсивність відмов

$$\lambda(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a} \right)^{b-1}. \quad (20)$$

Збіжність дослідних та теоретичних даних оцінюється за критерієм згоди Пірсона χ^2 :

$$\chi^2 = \sum_1^n \frac{(m_i - m_{ri})^2}{m_{ri}}, \quad (21)$$

де m_i та m_{ri} - відповідно дослідна та теоретична частоти інтервалів;

$$m_{ri} = \frac{A}{\sigma} f(t_i) N, \quad (22)$$

де A -шаг інтервалу;

$f(t_i)$ - теоретична щільність розподілу;

N - повна вибірка.

Коли відома математичне сподівання \bar{t} (середнє значення) і середньоквадратичне відхилення σ , то в залежності від закону розподілу можна визначити гамма-відсотковий ресурс t_γ з наступного виразу для нормального розподілу:

$$t_\gamma = \bar{t} - H_\kappa \sigma, \quad (23)$$

де H_κ – величина визначається по таблиці квантів (додаток 2).

При розподілу по закону Вейбулла-Гнеденка розрахунок величини гамма-відсоткового ресурсу проводився також за формулою (23), але визначення $\frac{H_\kappa}{a}$ відповідно з додатком.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити методику визначення показників надійності.
2. Отримати на машині або у викладача завдання для практичного розрахунку.
3. Скласти статистичний ряд вихідної інформації.
4. Визначити параметри статистичного розподілу.
5. Встановити закон розподілу наробітки до відмови за коефіцієнтом варіації.
5. Перевірити, чи збігаються дослідні і теоретичні дані за критерієм Пірсона.
7. Визначити для встановленого закону розподілу крапкові показники надійності та їх довірчі межі.
8. Побудувати графік залежності $P(t)$ від наробітку, нанести значення середнього наробітку до відмови \bar{t} та гамма-відсоткового ресурсу для $\gamma = 90\%$.

ЗВІТ ПРО РОБОТУ

В звіт заносять: найменування та мету практичної роботи. Наробітки виробів до відмови заносять в табл. 1.

Результати наступних розрахунків також повинні бути представлені у звіті в наступній послідовності :вказується найменування розділу, приводяться формули та результати розрахунків

На графіку ймовірності безвідмовної роботи нанести γ відсотковий ресурс (для $\gamma = 90\%$) та середню наробітку до відмови (середній ресурс).

Квантилі H_k закону нормального розподілу

P	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5	0,000	0,025	0,050	0,075	0,100	0,126	0,151	0,176	0,202	0,227
0,6	0,253	0,279	0,305	0,332	0,358	0,385	0,412	0,440	0,468	0,496
0,7	0,524	0,553	0,583	0,613	0,643	0,675	0,706	0,739	0,772	0,806
0,8	0,842	0,878	0,915	0,954	0,994	1,036	1,080	1,126	1,175	1,227
0,9	1,282	1,341	1,405	1,476	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Таблиця 2

Квантилі H_k/a розподілу закону Вейбулла-Гнеденка

F_t	b							
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0
0.01	0.010	0.022	0.037	0.056	0.078	0.100	0.159	0.216
0.02	0.020	0.039	0.062	0.087	0.114	0.143	0.210	0.272
0.05	0.051	0.084	0.120	0.156	0.192	0.226	0.305	0.372
0.07	0.073	0.112	0.154	0.194	0.233	0.269	0.350	0.417
0.10	0.105	0.153	0.200	0.245	0.286	0.325	0.407	0.472
0.15	0.174	0.232	0.285	0.332	0.380	0.419	0.498	0.558
0.20	0.223	0.287	0.343	0.392	0.435	0.472	0.549	0.607
0.30	0.357	0.424	0.479	0.525	0.564	0.597	0.662	0.709
0.40	0.511	0.571	0.619	0.657	0.688	0.715	0.764	0.799
0.50	0.693	0.737	0.770	0.795	0.816	0.833	0.864	0.885
0.60	0.916	0.930	0.939	0.947	0.953	0.957	0.966	0.971
0.70	1.200	1.170	1.140	1.120	1.110	1.100	1.080	1.060
0.80	1.610	1.490	1.410	1.350	1.300	1.270	1.210	1.170
0.90	2.300	2.000	1.810	1.680	1.590	1.520	1.400	1.320
0.93	2.660	2.260	2.010	1.840	1.720	1.630	1.480	1.390
0.95	3.000	2.490	2.190	1.990	1.840	1.730	1.550	1.440
0.98	3.910	3.120	2.650	2.350	2.130	1.980	1.730	1.580
0.99	4.600	3.570	2.980	2.600	2.340	2.150	1.840	1.660

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВИРОБІВ, ЩО НЕ РЕМОНТУЮТЬСЯ ДЛЯ ПОВНОЇ ВИБОРКИ – ПЛАН СПОСТЕРЕЖЕНЬ [NUT]

Мета роботи: засвоїти методику і набути навичок визначення показників надійності виробів та їх довірчих меж для повної вибірки.

Обладнання робочого місця: установка для моделювання наробіток до відмови кожного з генеральної вибірки одно типових виробів, що досліджуємо; обчислювальна машина (інженерний мікрокалькулятор).

Зміст роботи : на моделювальній установці визначити величини експлуатаційної наробітки до відмови кожного виробу або групи виробів. Інформація про об'єкті може бути задана викладачем.

По одержаних даних визначити кількісні значення показників надійності, підібравши відповідний теоретичний закон розподілу, побудувати графік зміни ймовірності безвідмовної роботи в залежності від наробітки.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПО РОБОТІ

До виробів, що не ремонтуються відносять деталі або нерозбірні вузли, які працюють до першої відмови, а потім вибраковуюються, так як їх відновлення з технічних або економічних поглядів не доцільно.

Показники надійності виробів, що не ремонтуються є випадковими величинами, тому для визначення їх кількісних значень необхідний статистичний матеріал.

Для збору достатньої кількості інформації про відмови, спостереження ведуть за партією однотипних виробів в умовах рядової експлуатації, та в умовах спеціальних випробувань, моделюючих відмови.

Одним з основних видів контрольно-визначальних випробувань, прийнятих в партії надійності та регламентованих стандартом ГОСТ 17509-72 і ГОСТ 17510- 72, є випробування за планом [NUT]. В процесі спостережень реєструється наробіток від початку роботи об'єкта до настання його відмови, а також фіксується власне відмова об'єкту.

План випробування [NUT], трактується таким чином: під спостереження поставлено N виробів, випробування проводяться з фіксуванням часу наробітку U до появи відмови або настання граничного стану виробу. Випробування проводяться протягом певного часу, або обмежуються величиною визначеної наробітки T .

Вироби, що відмовили вибраковуюються, новими не замінюються і в подальшому процесі випробувань участі не приймають.

Особливістю даного плану випробувань є те, що при обмеженій тривалості випробувань, граничного стану досягає тільки частина випробуваних виробів.

Оскільки наробіток до граничного стану виробів має ймовірний характер, то статистична оцінка показників надійності об'єктів, що не ремонтується та при даному плані випробувань, здійснюються за допомогою залежностей (формули 1...9), детальніше представлених в практичній роботі 2.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Найбільш повну інформацію про характер зміни показників надійності досліджуваних об'єктів можна одержати встановивши закон теоретичного розподілу характеристик надійності. Це особливо необхідно при досліджуванні усіченої вибірки, тобто при малому числі об'єктів досліджень.

Визначення теоретичного закону розподілу дозволяє екстраполювати експериментальні дані і виявити генеральні характеристики змін показників надійності з досить великим ступенем точності.

Визначення параметрів в теоретичному законі розподілу по емпіричним даним здійснюється за наступною схемою:

1. По експериментальним даним показника надійності складається статистичний ряд вихідних інформацій, обмежений заданою величиною наробітку. У разі малого числа даних по результатах випробувань допускається їх обробка без формування інтервального статистичного ряду.

2. Визначається середнє значення ряду і характеристики розсіювання (дисперсія, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації).

3. Перевіряється вихідна інформація на точки, що випадають та визначається теоретичний закон розподілу.

4. "Вирівнюється" емпіричний розподіл за теоретичним законом і визначається ймовірність згоди за критеріями Пірсона і Колмогорова

5. Визначаються точкові оцінки та довірчі межі для параметрів встановленого закону.

6. Визначаються точкові показники надійності для встановленого закону розподілу та їх довірчі межі.

7. Будується графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від наробітку.

Статистичний ряд вихідної інформації може бути поданий в інтервальній формі, або при малому числі даних, в вигляді варіаційного ряду. Визначення

За значенням коефіцієнту варіації задається певний закон розподілу, а щільності розподілу і обчислюється за наступною залежністю, для кожного конкретного закону:

ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (5)$$

інтенсивність відмов

$$\lambda(t_i) = \frac{N_0}{\sum_1^{N_0} t_i - (N - N_0)T}. \quad (6)$$

Для нормального закону визначені за експериментальними даними значення T і σ приймаються рівними відповідним параметрам теоретичного розподілу безвідмовної роботи.

Показники надійності для цього закону визначаються з відношень:

ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = F_0\left(\frac{\bar{t}_i - \bar{T}}{\sigma}\right); \quad (7)$$

інтенсивність відмов

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (8)$$

Для закону Вейбулла-Гнеденка визначають коефіцієнт варіації за емпіричними даними і прирівнюють до теоретичного значення.

Визначають параметри: b , C_b , K_b в залежності від коефіцієнту варіації. Розрахунок $a = \sigma / C_b$ виразу визначають параметр a .

Показники надійності підраховують за наступними виразами:

- ймовірність безвідмовної роботи

$$\lambda(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1}; \quad (9)$$

інтенсивність відмов

$$\lambda(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1}. \quad (10)$$

Подальша обробка отриманих значень показників надійності здійснюються за відомою методикою з оцінкою критерію згоди Персона і визначенням довірчих меж розсіювання і довірчої ймовірності.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ.

- 1 Вивчити методику визначення показників надійності.
- 2 Одержати вихідні дані і внести їх в табл. 1.
- 3 Визначити параметри статистичного розподілу.
- 4 Встановити закон розподілу наробітку до відмови по коефіцієнту варіації.

5 Визначити для встановленого закону розподілу точкові показники надійності і їх довірчі межі.

ЗВІТ ПРО РОБОТУ

В звіт про роботу заносяться назва і мета роботи Наробітки виробів до відмов заносять в табл. 1. Результати проміжних розрахунків також повинні бути надані в звіті.

Додаток. Таблиця 1

Значення коефіцієнта і його функції

k	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$f(k)$	1.141	1.069	0.998	0.929	0.868	0.79	0.735	0.675	0.617	0.562	0.509

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бібліотека Миколаївського національного аграрного університету. URL: <https://lib.mnau.edu.ua/>.
2. Болотній О. Г. Методичні вказівки до практичних занять з теорії надійності. Житомир : ЖДТУ, 2012. 84 с.
3. Войтюк Д. Г., Гаврилук Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Каравела, 2023. 552 с.
4. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1995. 79 с.
5. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунків показників надійності. Загальні вимоги. Чинний від 1997-01-01. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1996. 24 с.
6. ДСТУ 2864-94. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання. Контроль надійності. Основні положення. Чинний від 1997-01-01. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1996. 8 с.
7. ДСТУ 3004-95. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1995. 128 с.
8. Залужний А. М. Теорія надійності пристроїв та систем управління : навч. посіб. Житомир : ЖІТІ, 2002. 320 с.
9. Запара Є. С. Надійність машин і комплексів : конспект лекцій. для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Дніпро : НТУ «ДП», 2019. 99 с.
10. Здобицький А. Я., Вантух З. З., Сторожук Л. В. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. Львів : «Новий Світ-2000», 2022. 280 с.
11. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин : підруч. для студ. напряму «Інженерна механіка». Київ : Либідь, 2003. 424 с.
12. Надійність машин та обладнання. Частина 2. Ремонтування машин та відновлення деталей : навч. посіб. / З. В. Ружилюк, В. І. Мельник, А. В. Новицький та ін. Київ : НУБіП України, 2023. 309 с.
13. Надійність сільськогосподарської техніки : курс лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми здобуття вищої освіти / уклад. Д. Д. Марченко. Миколаїв : МНАУ, 2024. 67 с.
14. Надійність сільськогосподарської техніки : метод. реком. для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208

- «Агроінженерія» денної та заочної форми здобуття вищої освіти / Д. Д. Марченко, О. В. Зубехіна-Хайят. Миколаїв : МНАУ, 2022. 61 с.
15. Наукова бібліотека НТУ. URL: www.library.ntu.edu.ua
 16. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
 17. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 № 1556-VII : станом на 11 берез. 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>.
 18. Репозитарій Миколаївського національного аграрного університету за посиланням. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/>.
 19. Moodle МНАУ. URL: <https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=1449>
 20. Zubiekhina-Khaiiat O., Hruban V., Lymar O., Marchenko D. Designing technologies for strengthening tractor and self-propelled machine parts in agricultural conditions. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2026. Vol. 30(1) .Pp. 44-61. URL:<https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2026.44>.

Навчальне видання

НАДІЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Методичні рекомендації

Укладач:

Зубехіна-Хайят Олександра Валеріївна

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 3,81.

Тираж 100 прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.