

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

**ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РІЗАЛЬНОГО
ІНСТРУМЕНТУ НА ОСНОВІ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛЕННЯ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи з дисципліни
«Математичне моделювання процесів різання, металорізальних
інструментів та автоматизовані системи наукових досліджень»

для студентів спеціальності
133 Галузеве машинобудування – освітня програма
«Металорізальні верстати та системи»
усіх форм навчання

2018

Оцінка надійності різального інструменту на основі законів розподілення. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Математичне моделювання процесів різання, металорізальних інструментів та автоматизовані системи наукових досліджень» для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування – освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / Укл.: Фролов М.В. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 22с.

Укладач: М.В.Фролов, к.т.н.

Рецензент: Л.Й. Іщенко, професор, д.т.н.

Відповідальний за випуск: В.П.Загородній

Затверджено
на засіданні кафедри
«Металорізальні верстати та
інструмент»

Протокол № 4 від 15.11.18 р.

Рекомендовано
до видання НМК
Машинобудівного факультету.
Протокол № 3 від 27.11.2018 р.

ЗМІСТ

	Стор.
1. Мета роботи	4
2. Загальні відомості про закони розподілення стійкості металорізального інструменту.....	4
3. Завдання на підготовку до лабораторної роботи	9
4. Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи	9
5. Зміст роботи та звіту	10
6. Порядок виконання роботи	11
Рекомендована література	18
Додаток А. Квантілі нормального розподілення	19
Додаток Б. Коефіцієнт Стюдента t_α	20
Додаток В. Критичні значення критерію згоди Пірсона χ^2	22

1. МЕТА РОБОТИ

1.1. Ознайомитися зі статистичними показниками результатів дослідження

1.2. Навчитися визначати закон розподілення випадкової величини по результатах спостережень за допомогою побудови варіаційного ряду.

1.3. Навчитися оцінювати стан виробництва та інструменту, надійність різального інструменту, а також призначати час примусової зміни інструменту на основі отриманих статистичних показників.

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКОНИ РОЗПОДІЛЕННЯ СТІЙКОСТІ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Характерною особливістю процесу різання є його імовірнісний характер, оскільки на цей процес мають вплив цілий ряд імовірних величин: неоднорідність властивостей інструментального та оброблюваного матеріалів, якість заточки, стан обладнання на якому виконується обробка, кваліфікація персоналу та ін.

Найбільш важливі відомості про стан інструменту та його надійність можна отримати в результаті статистичної обробки результатів спостереження за його станом.

Однією з найбільш важливих характеристик імовірної величини є її закон розподілення. Якщо розглядати закони розподілення відносно металорізального інструменту, то вони встановлюють зв'язок між часом безвідмовної роботи T та імовірністю того, що інструмент вийде з ладу (відмовить) за час $t \leq T$, де t – час фактичної роботи інструменту.

Закон розподілення імовірності записується у вигляді:

$$F(T) = P\{t \leq T\} \quad (2.1)$$

Якщо задавати послідовно значення часу безвідмовної роботи інструменту T , то подія $t \leq T$ означає відмову інструменту за час T , а імовірність $P\{t \leq T\}$ – імовірність відмови за час T . Чим більше час T , тим більше імовірність відмови інструменту за цей час: так при $T=0$ -

$F(T)=0$, а при $t \rightarrow \infty - F(T) \rightarrow 1$. Надійність інструменту чисельно може бути визначена як час його безвідмовної роботи з заданою імовірністю (як правило не нижче 0,9) - T_p , або як імовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу. В автоматизованому виробництві де можливість спостереження за станом інструменту під час роботи відсутня, використовується примусова зміна інструменту через певний час, який забезпечує задану імовірність безвідмовної роботи, тобто примусова зміна інструменту здійснюється через час T_p .

Найчастіше надійність різального інструменту описується одним з наступних теоретичних законів розподілення.

Нормальне розподілення. Стійкості може бути обумовлена однорідністю якості інструменту, що виготовляється при сталому технологічному процесі, постійною середньою швидкістю зношування при поступовому зміні в процесі роботи характеристик інструментального матеріалу, коли доля раптових відмов дуже мала.

Щільність імовірності записується у вигляді рівняння:

$$f(T) = \frac{1}{S \cdot \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \cdot \left[\frac{T - \bar{T}}{S} \right]^2 \right\} \quad (2.2)$$

де $\bar{T}$ – середнє значення стійкості,

S – середнє квадратичне або стандартне відхилення.

Чисельно імовірність відмов $F(T)$ за час $T=T_p$ дорівнює площі під кривою $f(T)$ (див. Рис. 2.1а), що відповідає вимозі $t \leq T_p$, а імовірність безвідмовної роботи $P(T)$ - площі під кривою $f(T)$, що відповідає вимозі $t > T_p$.

Визначити імовірність відмови за час T - $F(T)$ можна за допомогою вбудованої функції *Microsoft Excel*:

$$=НОРМРАСП(T; \bar{T}; S; \text{ИСТИНА}) \quad (2.3)$$

Час безвідмовної роботи з імовірністю P визначається

$$T_p = \bar{T} \cdot (1 - \text{var} \cdot U_p), \quad (2.4)$$

де var – коефіцієнт варіації,

U_p – квантіль нормального розподілення. Значення квантілей наведені у Додатку А.

Експоненціальне розподілення зазвичай характеризує процеси в яких відмова елементу настає раптово, тобто незалежно від того, скільки часу він до цього знаходився в експлуатації і яка його якість – тобто коли відмова не пов'язана з процесами зношування, старіння і т. ін. Відносно ріжучого інструменту це може бути викликано: присутністю значних дефектів в оброблюваному матеріалі, поганим станом обладнання, низькою кваліфікацією оператора, роботою інструменту в умовах граничних динамічних та температурних навантажень. Воно також може бути викликано низькою якістю інструменту та неоднорідністю його властивостей.

Щільність імовірності відмов за час T у цьому випадку визначається:

$$f(T) = \lambda e^{-\lambda T} \quad (2.5)$$

Де $\lambda = \frac{1}{T}$ - інтенсивність відмов

Чисельно імовірність відмов $F(T)$ за час $T=T_p$ дорівнює площі під кривою $f(T)$ (див. Рис. 2.1б), що відповідає вимозі $t \leq T_p$, а імовірність безвідмовної роботи $P(T)$ - площі під кривою $f(T)$, що відповідає вимозі $t > T_p$.

Імовірність відмови за час T визначається за рівнянням:

$$F(T) = 1 - \exp\left(-\frac{T}{T_p}\right), \quad (2.6)$$

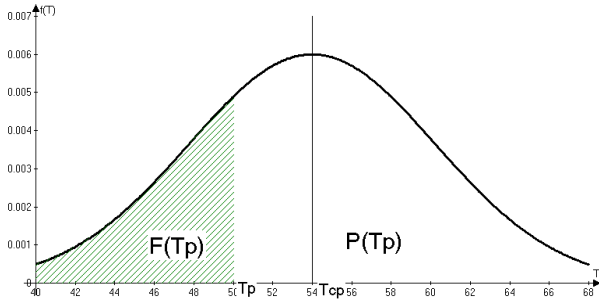
$F(T)$ може бути також отримана у програмі *Microsoft Excel* за допомогою вбудованої функції

$$=\text{ЭКСПРАСП}(T; \lambda; \text{ИСТИНА}) \quad (2.7)$$

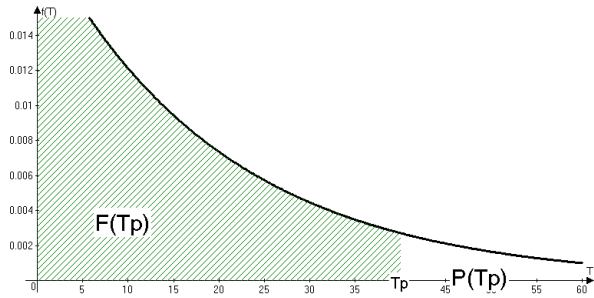
Час безвідмовної роботи T_p з імовірністю P визначиться:

$$T_p = -\bar{T} \ln P \quad (2.8)$$

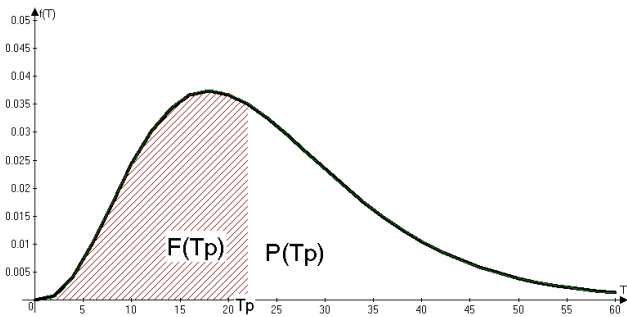
Гамма розподілення характеризує відмову інструменту в результаті накопичуваних ушкоджень (Рис. 2.1в) при постійній швидкості зношування та однорідній початковій якості інструменту.



а



б



в

а – нормальне розподілення; б – експоненціальне розподілення; в – гамма-розподілення
Рисунок 2.1 - Графіки теоретичних законів розподілення:

Щільність імовірності відмов за час T для Гамма - розподілення визначається:

$$f(T) = \frac{1}{\Gamma(r)} \cdot \lambda^r \cdot T^{r-1} \cdot e^{-\lambda T} \quad (2.9)$$

де r – кількість ушкоджень, необхідних для виникнення відмови;

λ – кількість ушкоджень в одиницю часу - максимальна інтенсивність відмов;

$\Gamma(r)$ – гамма-функція:

$$\Gamma(r) = \int_0^{\infty} x^{r-1} e^{-x} dx \quad (2.10)$$

Для $r = 1$ гамма-розподілення переходить у експоненціальне.

Значення r та λ для гамма-розподілення, базуючись на даних експериментальних досліджень, можуть бути визначені наступним чином:

$$r = \frac{1}{var^2} \quad (2.11)$$

$$\lambda = \frac{r}{\bar{T}} \quad (2.12)$$

де var – коефіцієнт варіації; за результатами експериментальних досліджень.

Визначити імовірність відмови за час T - $F(T)$ можна за допомогою вбудованої функції Microsoft Excel:

$$= \text{ГАММАРАСП}(T; r; 1/\lambda; \text{ИСТИНА}) \quad (2.13)$$

Чисельно імовірність відмов $F(T)$ за час $T = T_p$ дорівнює площі під кривою $f(T)$, що відповідає вимозі $t \leq T_p$, а імовірність безвідмовної роботи $P(T_p)$ - площі під кривою $f(T)$, що відповідає вимозі $T > T_p$.

Час безвідмовної роботи T_p з імовірністю P може бути визначений у програмі *Microsoft Excel* за допомогою вбудованої функції:

$$= \text{ГАММАОБР}(1 - P; r; 1/\lambda) \quad (2.14)$$

Оскільки результати експериментальних досліджень являють собою набір дискретних величин, відповідність отриманих експериментальних даних одному з теоретичних законів розподілення визначається шляхом побудови варіаційного ряду.

3. ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Для підготовки до лабораторної роботи рекомендується повторити та засвоїти: теоретичний матеріал присвячений статистичним показникам результатів досліджень; теоретичним законам розподілення, та їх інтерпретації щодо стійкості металорізального інструменту.

Рекомендовані джерела: лекції з курсу; [1] – С.10 – 12, 14 – 16, 27 – 30, 35 – 41, 47 – 52

4. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. У чому полягає сутність емпіричного підходу при розробці математичних моделей.
2. Що характеризує дисперсія випадкової величини?
3. Що характеризує середнє квадратичне або стандартне відхилення випадкової величини?
4. Що характеризує коефіцієнт варіації?
5. Як можна інтерпретувати отриманий експериментально коефіцієнт варіації стійкості металорізального інструменту?
6. Що характеризує і як визначається довірчий інтервал випадкової величини?
7. Що таке довірча імовірність (рівень значущості). Які значення вона зазвичай приймає при аналізі процесів різання та стійкості металорізального інструменту?
8. Чим чисельно вимірюється надійність металорізального інструменту?

9. Для чого використовується примусова заміна металорізального інструменту?

10. Як за графіком щільності імовірності визначається імовірність відмови інструменту впродовж заданого часу?

11. Як за графіком щільності імовірності визначається імовірність безвідмовної роботи інструменту впродовж заданого часу?

12. Чим обумовлюється нормальне / експоненціальне / гамма – розподілення стійкості інструменту?

13. Які висновки про стан виробництва можна зробити на основі законів розподілення?

14. Для чого будується варіаційний ряд стійкості інструменту?

15. За допомогою якого критерію перевіряється вид закону розподілення?

5. ЗМІСТ РОБОТИ ТА ЗВІТУ

У результаті проведення N випробувань стійкості токарних прохідних різців, оснащених твердим сплавом BK10XOM при обробці сплаву EI69 на наступних режимах : $t=0.2\text{мм}$, $S=0.1\text{ мм/об}$, $V=1.2\text{ м/с}$ була отримана вибірка значень стійкості інструменту – надається викладачем кожному студенту індивідуально.

У якості критерію стійкості був прийнятий знос по площадці на задній поверхні інструменту до $0,3\text{ мм}$ чи викришування елементів ріжучої кромки, що призвели до суттєвого погіршення якості обробленої поверхні.

За результатами досліджень:

1. Визначити наступні статистичні характеристики: середнє арифметичне, дисперсію та середнє квадратичне (стандартне) відхилення, коефіцієнт варіації.

2. Визначити довірчий інтервал стійкості інструменту для довірчої імовірності α .

3. Побудувати варіаційний ряд та висунути гіпотезу про вид теоретичного закону розподілення

4. Виконати оцінку вибраного закону розподілення за допомогою критерію згоди Пірсона χ^2

5. Визначити час роботи інструменту до його примусової заміни T_p , що забезпечує імовірність його безвідмовної роботи P та побудувати графік залежності T_p від P для декількох P

6. Зробити висновок про стан різального інструменту, технологічного процесу та технологічної системи в цілому, а також про можливість використання інструменту в автоматизованому виробництві. При необхідності вказати на ймовірні шляхи підвищення надійності інструменту. Проаналізувати залежність часу безвідмовної роботи T_p від її імовірності для визначеного закону розподілення.

Усі вищезазначені пункти у повному обсязі та з необхідними поясненнями повинні бути відображені у звіті.

6. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Розрахунки виконуються на основі отриманих експериментальних даних.

6.1. Розрахувати середнє арифметичне значення стійкості:

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N T_i$$

T_i – значення стійкості, отримане в i -му експерименті;

N – кількість інструментів (об'єм вибірки).

6.2. Визначити дисперсію S^2 та середнє квадратичне (стандартне) відхилення S :

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2$$

6.3. Визначити коефіцієнт варіації стійкості:

$$\text{var} = \frac{S}{\bar{T}}$$

Коефіцієнт варіації стійкості характеризує її стабільність або ступінь змінності.

Якщо $\text{var} < 0.2$ – результати можуть бути визнаними добрими для виробничих умов по стабільності стійкості;

Якщо $0.2 \leq \text{var} \leq 0.35$ – результати задовільні;

Якщо $\text{var} > 0.5$ – для масового виробництва такі результати є незадовільними, так як при такому розсіюванні стійкості інструмент потребує ретельного спостереження під час роботи, або час через який виконується зміна інструменту має бути суттєво знижено, або суттєво зниженими мають бути режими різання.

Коефіцієнт варіації є одним з показників, базуючись на якому може бути висунута гіпотеза про вид теоретичного закону розподілення стійкості інструменту:

Якщо $\text{var} < 0.28$ – нормальне розподілення;

$0.28 \leq \text{var} < 0.50$ – гамма-розподілення;

$\text{var} \geq 0.50$ – експоненціальне розподілення.

6.4. Визначити довірчий інтервал стійкості як похибку експерименту:

$$\Delta = t_{\alpha} \frac{s}{\sqrt{N}}$$

Де t_{α} – коефіцієнт Стюдента для довірчої імовірності α , що визначається з Додатку Б в залежності від кількості ступенів свободи ν .

$$\nu = N - 1.$$

Записати середню стійкість інструменту з урахуванням похибки експерименту:

$$T = \bar{T} \pm \Delta$$

6.5. Побудувати варіаційний ряд для визначення відповідності отриманих експериментальних даних одному з теоретичних законів розподілення. Для цього:

6.5.1 Визначити кількість інтервалів розбиття вибірки:

$$k = 1 + 3.32 \cdot \lg N$$

Розраховане k потрібно округлити до найближчого цілого числа при цьому бажано, щоб k було непарним та не менше 5.

6.5.2 Визначити довжину інтервалу:

$$\Delta m = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{k}$$

де $T_{\max}$ та $T_{\min}$ – відповідно максимальне та мінімальне значення стійкості з вибірки.

6.5.3 Визначити границі кожного з k інтервалів (m – номер інтервалу), та підрахувати кількість елементів вибірки N_m , що потрапили в кожний з інтервалів. Результати занести в Таблицю 6.1:

Таблиця 6.1 – Розрахунки до побудови варіаційного ряду

m	Інтервал	N_m	P_m	$\hat{f}_m$	T_m^*
1	$[T_0; T_1]$				
2	$]T_1; T_2]$				
...					
m	$]T_{m-1}; T_m]$				
...					
k	$]T_{k-1}; T_k]$				

У таблиці 6.1:

T_m – границі інтервалів, де m приймає значення від 0 до k включно:

$$T_0 = T_{\min}$$

$$T_m = T_{m-1} + \Delta m$$

$$T_k = T_{\max}$$

P_m – відносна частота для кожного з інтервалів:

$$P_m = \frac{N_m}{N}$$

$\hat{f}_m$ - Щільність імовірності

$$\hat{f}_m = \frac{P_m}{\Delta m}$$

T_m^* - значення T яке присвоюється всім N_m елементам, що попали в інтервал m :

$$T_m^* = \frac{T_m + T_{m-1}}{2}$$

6.5.4 Побудувати варіаційний ряд у вигляді гістограми (Рис. 6.1).

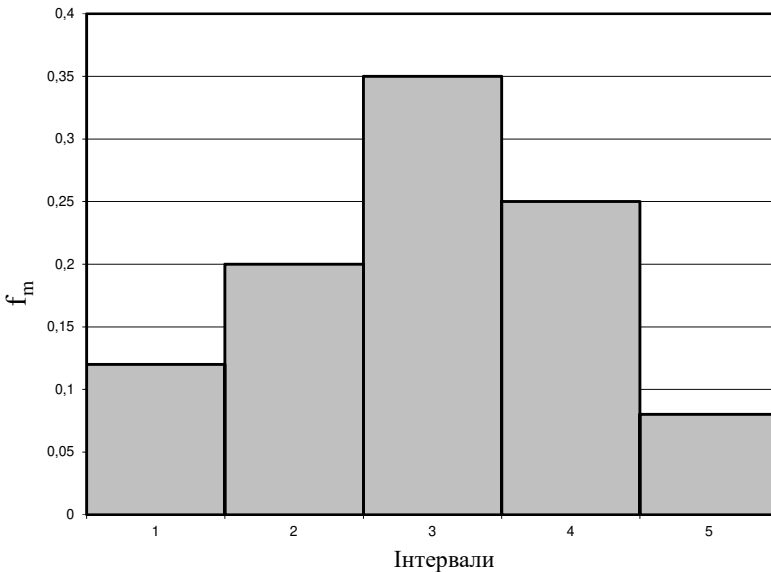


Рисунок 6.1 – Приклад побудови гістограми варіаційного ряду.

6.6. За характером гістограми та за значенням коефіцієнту варіації висунути гіпотезу про вид теоретичного закону розподілення, та записати його рівняння щільності імовірності та імовірності відмови.

6.7 Перевірити гіпотезу про вид теоретичного закону розподілення по критерію згоди Пірсона χ^2 . Для цього:

6.7.1 Заповнити Таблицю 6.2:

Таблиця 6.2 - Перевірка гіпотези про вид закону розподілення по критерію згоди Пірсона

Інтервал m	Границя інтервалу	N_m	$F(T_m)$	$\tilde{P}_m$	U_m^2
0	$T_0=T_{\min}$	-	$F(T_0)$	-	-
1	T_1	N_1	$F(T_1)$	$F(T_1) - F(T_0)$	U_1^2
2	T_2	N_2	$F(T_2)$	$F(T_2) - F(T_1)$	U_2^2
...					
m	T_m	N_m	$F(T_m)$	$F(T_m) - F(T_{m-1})$	U_m^2
...					
k	T_k	N_k	$F(T_k)$	$F(T_k) - F(T_{k-1})$	U_k^2
Сума показника		N	-	-	χ^2

Значення $F(T_m)$ визначається для кожної границі інтервалу в залежності від висунутої гіпотези про вид теоретичного закону розподілення за допомогою рівнянь (2.3) – нормальне розподілення; (2.6) або (2.7) – експоненціальне розподілення; (2.12) та (2.13) – гамма-розподілення. При цьому m змінюється від 0 до k.

Значення $\tilde{P}_m$, U_m^2 та χ^2 визначаються для кожного інтервалу m, що змінюється від 1 до k:

$$\tilde{P}_m = F(T_m) - F(T_{m-1})$$

$$U_m^2 = \frac{(N_m - N\tilde{P}_m)^2}{N\tilde{P}_m}$$

$$\chi^2 = \sum_{m=1}^k U_m^2$$

6.7.2 Для заданого рівня довірчої імовірності α та кількості ступенів свободи f , за допомогою таблиці Додатку В визначити критичне значення критерію згоди $\chi^2_{кр}$. При цьому:

- Для нормального та гамма-розподілень - $f = k - 3$
- Для експоненціального розподілення - $f = k - 2$

6.7.3 Якщо виконується умова $\chi^2 \leq \chi^2_{кр}$, то гіпотеза про прийнятий закон не відкидається і закон розподілення стійкості інструменту вважається визначеним.

Якщо ж $\chi^2 > \chi^2_{кр}$, то прийнятий закон розподілення не підтверджується - треба висувати нову гіпотезу та/або проводити нові експерименти.

6.8. В залежності від визначеного закону розподілення, за формулами: (2.4) – нормальне розподілення; (2.8) – експоненціальне розподілення; (2.14) – гамма-розподілення - розрахувати час роботи інструменту T_p до його примусової заміни, що забезпечує імовірність безвідмовної роботи: 70%, 80%, 90%, 95%, 98% та 99% - тобто P відповідно має дорівнює 0.7, 0.8, 0.9, 0.95, 0.98 та 0.99. Побудувати графік залежності T_p від P як показано на Рис. 6.2.

6.9. Зробити висновки відповідно до п.6 розд.5

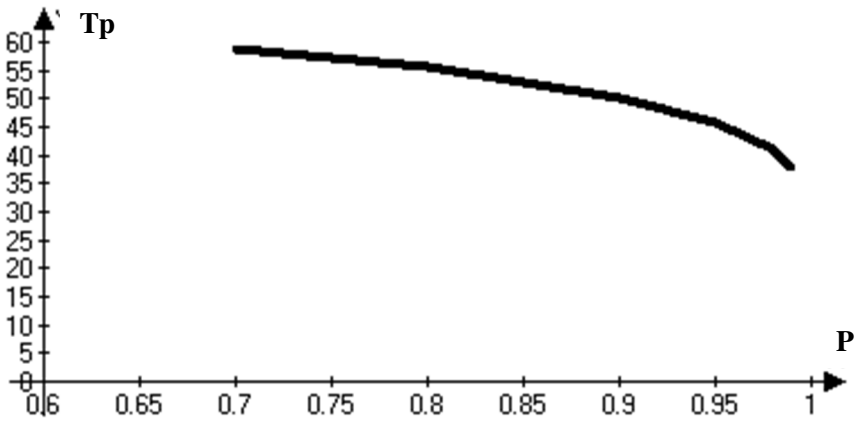


Рисунок 6.2 - Приклад побудови залежності часу до примусової заміни інструменту T_p (часу безвідмовної роботи) від імовірності безвідмовної роботи P .

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.
2. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытания режущего инструмента на стойкость. – М.: Машиностроение, 1985. – 136 с.
3. Круг Г.К. Лабораторный практикум по курсу «Теоретические основы планирования экспериментальных исследований».- М.: МЭИ, 1969 – 216 с.

Додаток А**Квантілі нормального розподілення**

Р	U_р	Р	U_р
0.50	0.0000	0.80	0.8116
0.55	0.1257	0.85	1.0364
0.60	0.2533	0.90	1.2816
0.65	0.3853	0.95	1.6449
0.70	0.5244	0.98	2.0537
0.75	0.6744	0.99	2.3263

Додаток Б

Коефіцієнт Ст'юдента t_{α}

ν	Довірча імовірність α				
	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
1.	3.0777	6.3138	12.7062	31.8205	63.6567
2.	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248
3.	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409
4.	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041
5.	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6.	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7.	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995
8.	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9.	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10.	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11.	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12.	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13.	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14.	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15.	1.3406	1.7531	2.1314	2.6025	2.9467
16.	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17.	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18.	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19.	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20.	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21.	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22.	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23.	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24.	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7969
25.	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874

Продовження додатку Б

v	Довірча імовірність α				
	0,80	0,9	0,95	0,98	0,99
26.	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27.	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28.	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29.	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30.	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31.	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32.	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33.	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34.	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35.	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36.	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37.	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38.	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39.	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40.	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41.	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42.	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43.	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44.	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45.	1.3006	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46.	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47.	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48.	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49.	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800
50.	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778

Додаток В

Критичні значення критерію згоди Пірсона χ^2

f	Довірча імовірність α				
	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
1.	1.6424	2.7055	3.8415	5.4119	6.6349
2.	3.2189	4.6052	5.9915	7.8240	9.2103
3.	4.6416	6.2514	7.8147	9.8374	11.3449
4.	5.9886	7.7794	9.4877	11.6678	13.2767
5.	7.2893	9.2364	11.0705	13.3882	15.0863
6.	8.5581	10.6446	12.5916	15.0332	16.8119
7.	9.8032	12.0170	14.0671	16.6224	18.4753
8.	11.0301	13.3616	15.5073	18.1682	20.0902
9.	12.2421	14.6837	16.9190	19.6790	21.6660
10.	13.4420	15.9872	18.3070	21.1608	23.2093
11.	14.6314	17.2750	19.6751	22.6179	24.7250
12.	15.8120	18.5493	21.0261	24.0540	26.2170
13.	16.9848	19.8119	22.3620	25.4715	27.6882
14.	18.1508	21.0641	23.6848	26.8728	29.1412
15.	19.3107	22.3071	24.9958	28.2595	30.5779
16.	20.4651	23.5418	26.2962	29.6332	31.9999
17.	21.6146	24.7690	27.5871	30.9950	33.4087
18.	22.7595	25.9894	28.8693	32.3462	34.8053
19.	23.9004	27.2036	30.1435	33.6874	36.1909
20.	25.0375	28.4120	31.4104	35.0196	37.5662
21.	26.1711	29.6151	32.6706	36.3434	38.9322
22.	27.3015	30.8133	33.9244	37.6595	40.2894
23.	28.4288	32.0069	35.1725	38.9683	41.6384
24.	29.5533	33.1962	36.4150	40.2704	42.9798
25.	30.6752	34.3816	37.6525	41.5661	44.3141