

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання індивідуального завдання

по дисципліні “Надійність гірських, транспортних і збагачувальних машин”  
(для студентів, що навчаються по напрямках підготовки “Інженерна механіка” і  
“Електромеханіка”).



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання індивідуального завдання

по дисципліні “Надійність гірських, транспортних і збагачувальних машин”  
(для студентів, що навчаються по напрямках підготовки “Інженерна механіка” і  
“Електромеханіка”).

РОЗГЛЯНУТО:  
на засіданні кафедри  
електромеханіки і автоматики  
Протокол №18 від 25 травня 2008 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
на засіданні навчально-  
видавничої ради ДонНТУ  
Протокол № 7 від 19.10.2008 р.

Методичні вказівки по виконанню індивідуальних завдань з дисципліни “Надійність гірничих, транспортних та збагачувальних машин” (для студентів, що навчаються за напрямками підготовки “Інженерна механіка” і “Електромеханіка)/Укладачі: **Следь М. М., доц., к.т.н.** А. І. Ганза - Красноармійск, КІП ДонНТУ, 2008.

Містять інформацію щодо виконання індивідуальних завдань, варіанти завдань, а також методика виконання. Наведені стислі теоретичні відомості по виконанню роботи. Викладено порядок виконання завдань роботи, а також вимоги до оформлення та захисту звітів.

Укладачі: **Следь М. М., доц., к. т.н.**  
Ганза А.І., ст. викл.

Рецензент: професор, к.т.н. Будішевський В.О.

## 1.ЗАВДАННЯ.

Зробити оцінку безвідмовності (довговічності, ремонтпридатності) машини на основі статичних даних про показники її роботи.

*Етапи виконання індивідуального завдання:*

1. Первинна обробка статичних даних про надійність машини.

Вибір способу й реалізація групування значень випадкової величини в інтервали.

Побудова емпіричного розподілу (гістограми) випадкової величини.

Визначення числових статистичних числових характеристик випадкової величини.

2. Визначення закону розподілу випадкової величини.

Висування гіпотези про можливе підпорядкування розподілу досліджуваної випадкової величини тому або іншому закону розподілу.

Побудова кривої розподілу (графіка щільності ймовірності розподілу випадкової величини).

Оцінка ступеня відповідності між висунутою гіпотезою й статистичним розподілом випадкової величини.

3. Визначення показників надійності досліджуваного об'єкта.

## 2.МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ.

1. Статистичні дані відповідно до свого варіанта (останні дві цифри залікової книжки - для студентів заочної форми навчання або номери в журналі обліку відвідування - для студентів денної форми навчання) для додання йому наочності й компактності доцільно представити у вигляді статистичного ряду, записавши їх у таблицю в міру зростання значень випадкової величини, наприклад, випадкових величин часу безвідмовної роботи машини.

2. Весь масив статистичних даних необхідно розбити на інтервали. Для зручності розрахунків інтервали доцільно приймати рівними. Кількість їх береться від 7 до 20. Більше число інтервалів приймається для досить великого й досить однорідного статистичного матеріалу.

Зразкова величина інтервалу  $\Delta t_p$  визначається по формулі:

$$t_p = \frac{t_{p \max} - t_{p \min}}{1 + 3.3 \lg n};$$

Якщо при обраних рівних інтервалах кількість значень випадкової величини в інтервалі виявиться менше 5...7 то приймаються інтервали різної довжини.

3. Для кожного інтервалу підраховуються:

$n_i$  - кількість значень випадкової величини, що потрапили в інтервал;

$\frac{n_i}{n}$  - частота;

$\sum \frac{n_i}{n}$  - накопичена частота;

$\frac{n_i}{n \times \Delta t_p}$  - емпірична щільність імовірності.

Накопичена частота для всіх інтервалів повинна бути дорівнює одиниці, що служить перевіркою правильності обчислення частоти для кожного інтервалу.

У випадку влучення значення випадкової величини на границю інтервалу, кількість значень випадкової величини  $\Delta t_p$  у суміжних інтервалах збільшується на  $\frac{1}{2}$ .

Результати підрахунків заносяться в таблицю 1.

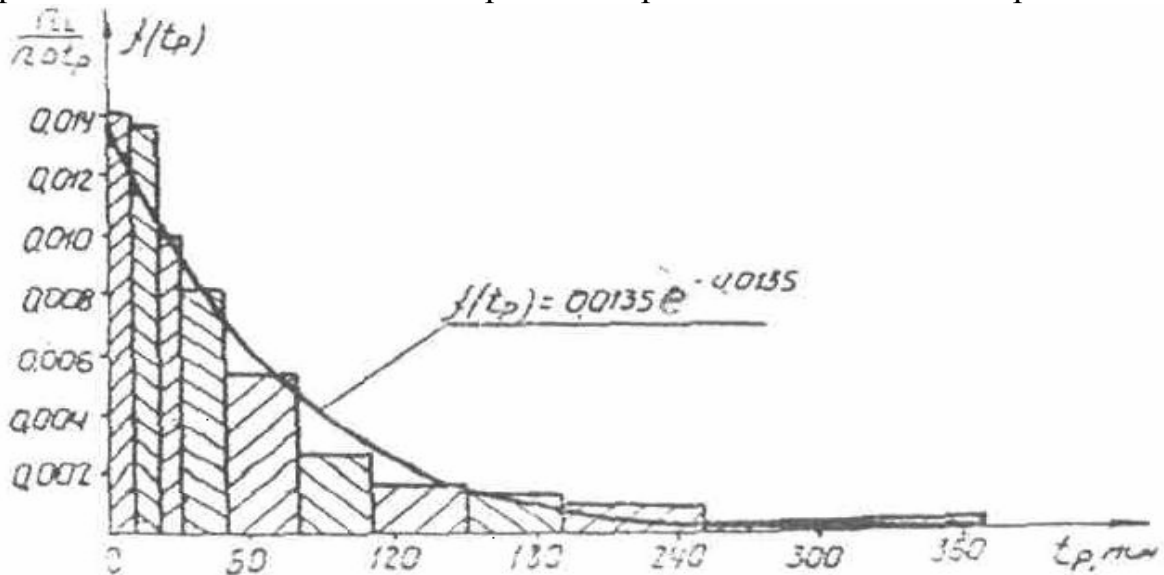
Таблиця 1 - Характеристики випадкової величини.

Інтервали, $\Delta t_p$	Величина інтервалу, $t_{pi+1} - t_{pi}$	Середнє значення, $t_p$	$n_i$	$\frac{n_i}{n}$	$\sum \frac{n_i}{n}$	$\frac{n_i}{n \times \Delta t_p}$
----------------------------	---	-------------------------------	-------	-----------------	----------------------	-----------------------------------

4. На підставі таблиці 1 можуть бути знайдені основні числові характеристики випадкової величини:

- статичне середнє  $\tilde{m}_{tp}$  ;
- динамічна дисперсія  $\tilde{D}$
- середнє квадратичне відхилення  $\sigma_{tp}$  ;
- коефіцієнт варіації  $\nu$  ;
- ексцес E;
- асиметрія S.

5. За даними таблиці 1 будується гістограма розподілу випадкової величини  $t_p$  (наприклад, мал. 1 – гістограма розподілу часу безвідмовної роботи комбайна). Для цього на осі абсцис відкладаються інтервали  $\Delta t_p$  випадкової величини й на кожному з інтервалів будується прямокутник площею, рівній частоті появи випадкової величини в даному інтервалі. Висоти прямокутників пропорційні відповідним частотам і рівні емпіричній щільності ймовірності.



Малюнок 1 – Гістограма й крива, що вирівнює, експонентного розподілу випадкової величини  $\Delta t_p$

6. З характеру гістограми можна припустити, що досліджувана випадкова величина розподілена по тій або іншому законі (на мал. 1, наприклад, по експонентному). Про це може свідчити також майже повний збіг статистичного середнього  $\tilde{m}_{tp}$  й середнього квадратичного відхилення  $\sigma_{tp}$  випадкової величини  $t_p$ . Для експонентного розподілу щільність імовірності має вигляд:

$$f(t_p) = \frac{1}{m_{tp}} e^{-\frac{t_p}{m_{tp}}}$$

Для нормального закону розподілу

$$f(t_p) = \frac{1}{\sigma_{tp} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_p - m_{tp})^2}{2\sigma_{tp}^2}}$$

Для логарифмічно - нормального закону розподілу

$$f(t_p) = \frac{M}{t \cdot \sigma_p \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_p - m_p)^2}{2\sigma_p^2}}$$

де  $M = 0,4343$  - підстава натуральних логарифмів.

7. Використовуючи таблиці, функція  $e^{-x}$ , можна розрахувати значення щільності ймовірності на границях інтервалів. Вони чисельно дорівнюють збільшенню функції розподілу в інтервалі:

$$P(t_{pi} < t_p < t_{pi+1}) = F(t_{pi+1}) - F(t_{pi})$$

Для експонентного закону розподілу

$$P(t_{pi} < t_p < t_{pi+1}) = e^{-\alpha t_{pi}} - e^{-\alpha t_{pi+1}}$$

8. Істотна розбіжність по величині оцінок математичного очікування й середнього квадратичного відхилення випадкової величини не дозволяє прийняти гіпотезу про експонентний закон розподілу. У цьому випадку випадкова величина може бути розподілена по нормальному, логарифмічно - нормальному або іншому законі розподілу.

При логарифмічно - нормальному законі розподілу (рис.2) логарифм випадкової величини  $\lg t_p$  розподілений за нормальним законом. Для побудови кривій, що вирівнює експериментальний розподіл, логарифмічно - нормального розподілу необхідно знайти параметри розподілу:

$\tilde{m} \lg t_p$  - оцінку математичного очікування логарифма випадкової величини  $t_p$ ;

$\sigma \lg t_p$  - оцінку середнього квадратичного відхилення логарифма випадкової величини  $t_p$ .

Для визначення параметрів розподілу можна використати вже відомі формули:

$$\tilde{m}_{\lg t_p} = \sum_{i=1}^k \lg \bar{t}_{pi} \frac{n_i}{n} \quad \text{і} \quad \tilde{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left( \lg \bar{t}_{pi} - \tilde{m}_{\lg t_p} \right)^2 \frac{n_i}{n}}$$

Імовірність влучення випадкової величини в заданий інтервал  $[\alpha, \beta]$  дорівнює

$$P(\alpha < t_p < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - \tilde{m} \lg t_p}{\tilde{\sigma} \lg t_p}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - \tilde{m} \lg t_p}{\tilde{\sigma} \lg t_p}\right) = \Phi(z'') - \Phi(z');$$

де  $\Phi(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^Z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$  - нормована функція Лапласа (додаток 2) [1].

$\Phi(Z)$  - є нечотною функцією тобто  $\Phi(-Z) = -\Phi(Z)$ .



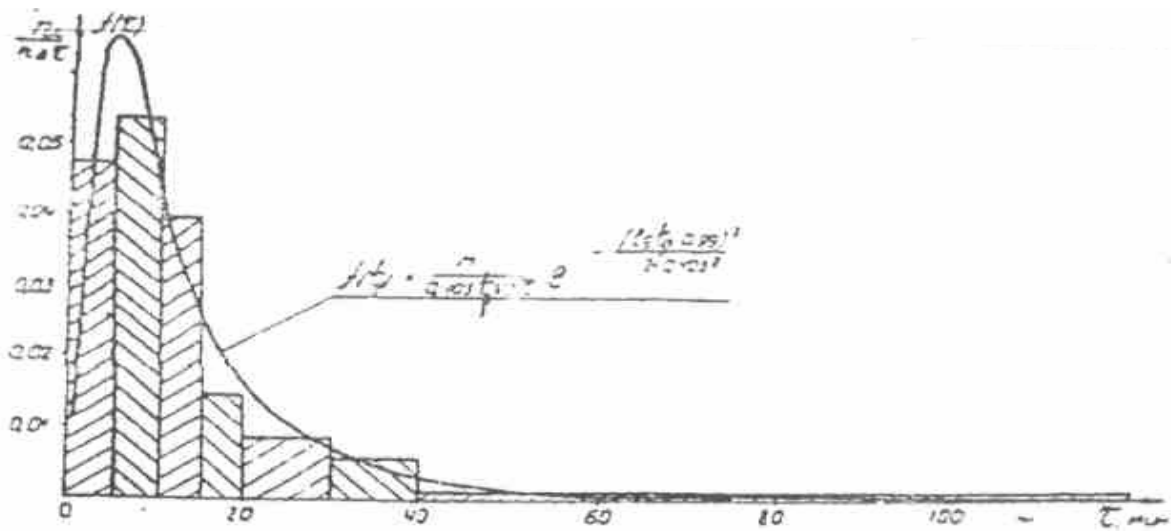


Рис.2. – Гістограма й крива, що вирівнює, логарифмічно - нормального розподілу випадкової  $t_p$  величини.

9. На гістограмах, наведених на мал. 1 і 2 побудовані криві, що вирівнюють, розподілів випадкової величини, що представляють собою графіки функцій  $f(t_p)$ , які зберігаючи в основному істотні особливості статистичного розподілу, вільні від випадкових невірностей ходу гістограм.

При підборі теоретичної кривої розподілу, природно, неминучі деякі розбіжності. При цьому необхідно знати, чи пояснюються ці розбіжності тільки випадковими обставинами, пов'язаними з обмеженим числом емпіричних даних, або вони є істотними й пов'язані з тим, що підібрана крива погано вирівнює даний статистичний розподіл. Установити це можна за допомогою “критерію  $X^2$ ”, називаного “критерієм згоди Пірсона”:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

де до - число інтервалів статистичного розподілу;

$p_i$  – кількість значень випадкової величини в  $i$ -м інтервалі;

$n$  - загальне число спостережуваних значень випадкової величини;

$np_i$  – теоретична ймовірність влучення випадкової величини в  $i$ -й інтервал.

10. Оцінка ступеня відповідності між висунутою гіпотезою й статистичним розподілом випадкової величини виробляється за критерієм  $X^2$  і параметри  $r$ , називаного *числом ступенів свободи*, які взаємозалежні.

Число ступенів свободи дорівнює числу інтервалів  $K$  за винятком числа незалежних умов (зв'язків)  $S$ , накладених на частоти:

$$r = k - S;$$

Такими зв'язками можуть бути /1/:

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{n} = 1; \quad \sum_{i=1}^k \tilde{x}_i \frac{n_i}{n} = m^*; \quad \sum_{i=1}^k (\tilde{x}_i - m^*) \frac{n_i}{n} = D^* .$$

де  $\frac{n_i}{n}$  - частота появи випадкової величини в і-м інтервалі;

$\tilde{x}_i$  - представник і-го інтервалу, за який приймається середина інтервалу:

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}$$

$m^*$  - середнє статистичне значення випадкової величини;

$D^*$  - статистична дисперсія.

Для експонентного закону розподілу випадкової величини число зв'язків  $S=2$ , а саме:

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{n} = 1 \text{ і } \sum_{i=1}^k \tilde{x}_i \frac{n_i}{n} = m^*$$

Для нормального й логарифмічно - нормального закону розподілу  $S=3$ .

Для розподілу  $\chi^2$  є спеціальна таблиця (додаток 4)[1], користуючись якою можна для отриманого значення  $\chi^2$  і певне числа “ступенів свободи”  $r$  знайти ймовірність  $p$  того, що величина, розподілена за законом  $\chi^2$ , перевершить це значення.

Якщо одержувана ймовірність  $p$  більше 0,05, звичайно визнають, що вона не є малою, тому гіпотезу про те, що випадкова величина розподілена по експонентному (нормальному або логарифмічно - нормальному) законі, можна вважати правдоподібною.

### **3.ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.**

Пояснювальна записка оформляється українською мовою, на аркушах формату А4. Рекомендується текст записки набирати на комп'ютері.

Пояснювальна записка повинна містити:

- титульний аркуш із вказівкою найменування міністерства, університету, кафедри, назви дисципліни, по якій виконується індивідуальне завдання, ПІБ студента й керівника (викладача даної дисципліни);

- на титульному аркуші також повинен бути зазначений номер варіанта;

- на другій сторінці пояснювальної записки приводиться реферат із вказівкою числа сторінок, малюнків, таблиць і кількості використаних джерел, а також короткого переліку виконаних розрахунків, зроблених висновків. Наприкінці необхідно привести основні “ключові слова”, що зустрічаються в записці й кутовий штамп згідно ЄСКД;

- на третій сторінці приводиться завдання з докладним перерахуванням завдань, які необхідно вирішувати в даному індивідуальному завданні;

- найменування розділів виділяти жирним шрифтом і нумерувати порядковими номерами;

- наприкінці записки зробити висновки за виконаним завданням і привести список використаної літератури.



37	4,2	14,2	13,0	7,2	16,8	7,4	10,8	22,6	3,8	23,0	3,6	6,0	6,0	2,5	3,2	3,5	3,0	3,6	3,0	4,6
38	4,4	14,7	13,0	7,2	16,8	7,4	10,8	22,6	4,1	29,0	3,6	6,0	6,0	2,5	3,2	3,5	3,0	4,0	3,0	4,6
39	4,4	14,7	13,6	7,8	17,7	7,4	10,8	23,2	4,1	29,0	3,6	6,2	6,0	2,5	3,2	3,5	3,0	4,0	3,0	4,6
40	4,4	14,7	13,6	7,8	17,7	7,4	11,4	23,4	4,1	32,0	3,6	6,2	6,0	2,5	3,2	3,5	3,0	4,0	3,0	4,6
41	4,6	15,6	13,6	7,8	17,7	7,4	11,4	23,6	4,1	33,0	3,6	6,2	6,0	2,5	3,2	3,5	3,0	4,0	3,0	4,8
42	4,6	15,6	13,6	7,8	18,6	7,7	11,4	24,6	4,1	37,0	3,6	6,3	6,0	2,5	3,3	3,5	3,0	4,0	3,0	4,8
43	4,6	15,6	13,6	7,8	18,6	7,7	11,4	24,6	4,1	38,0	3,6	6,3	6,0	2,5	3,3	3,5	3,0	4,0	3,0	4,8
44	4,6	15,6	13,6	7,8	18,6	7,7	11,4	24,6	4,1	38,0	3,6	6,3	6,0	2,5	3,3	3,5	3,0	4,0	3,0	4,8
45	4,7	16,2	14,2	7,8	18,6	7,7	11,4	25,0	4,1	40,0	3,6	6,3	6,0	2,5	3,3	3,5	3,0	4,0	3,0	4,8
46	4,8	16,4	14,2	7,8	18,8	8,1	11,4	25,8	4,2	40,0	4,0	6,3	7,0	3,0	3,6	3,8	3,5	5,0	3,5	5,0
47	4,8	16,4	14,2	8,2	18,8	8,1	11,4	26,0	4,2	42,0	4,0	6,5	7,0	3,0	3,6	3,8	3,5	5,0	3,6	5,0
48	5,0	16,4	14,2	8,2	19,0	8,1	11,4	26,6	4,2	45,0	4,0	6,5	7,0	3,1	3,6	3,8	3,5	5,0	4,0	5,0
49	5,0	16,4	14,2	8,2	19,0	8,1	11,8	29,0	4,2	46,0	5,0	6,5	8,0	3,1	4,0	8,0	3,5	5,0	4,7	6,0
50	5,0	16,4	14,8	8,2	19,4	8,2	11,8	30,3	4,2	18,0	5,0	6,5	8,0	3,2	4,0	8,0	4,0	5,0	4,8	6,2
51	5,0	16,8	14,8	8,6	19,4	8,2	11,8	31,2	4,2	49,0	5,0	6,5	8,0	3,2	4,0	8,0	4,0	5,0	5,0	6,4
52	5,0	16,8	15,6	8,6	19,4	8,2	11,8	31,8	4,6	50,0	5,0	7,0	8,6	4,0	4,6	15,0	4,0	5,0	5,0	6,6
53	5,0	16,8	15,6	8,6	19,8	8,2	12,1	33,0	4,6	53,0	6,0	7,0	8,6	4,0	4,6	15,0	4,0	5,0	5,0	6,8
54	5,2	16,8	15,6	8,6	19,8	8,2	12,1	33,2	4,6	55,0	6,0	7,0	8,6	4,0	5,2	22,0	6,0	5,0	6,0	7,2
55	5,2	17,9	15,6	9,5	19,8	8,2	12,1	33,6	4,6	55,0	6,0	7,0	8,8	4,0	5,2	22,2	6,0	5,0	6,0	8,0
56	5,2	17,9	15,6	9,5	20,4	8,2	12,1	33,8	4,6	73,0	8,0	7,5	8,8	4,0	5,8	22,6	6,0	6,2	6,0	8,0
57	5,2	17,9	15,6	9,5	20,4	8,3	12,6	33,8	4,6	86,0	8,0	7,5	8,8	4,6	6,0	28,1	6,0	6,2	7,5	10,2
58	5,4	18,4	15,6	9,5	20,4	8,3	12,6	34,7	4,6	90,0	8,0	7,5	9,5	4,6	6,0	28,5	7,1	6,2	7,5	10,2
59	5,4	18,4	15,6	9,5	20,4	8,3	12,6	34,7	4,6	100,0	8,0	8,0	9,5	4,6	6,0	29,5	7,1	6,8	7,5	10,2
60	5,4	18,4	16,5	9,5	20,4	9,3	12,6	34,7	4,6	100,0	9,2	8,0	9,5	4,8	6,0	30,2	7,2	6,8	8,0	12,4
61	5,5	18,9	16,5	9,5	21,2	9,3	12,6	38,6	5,4	100,0	9,2	8,2	10,0	4,8	6,5	30,5	7,3	6,8	8,0	18,6
62	5,5	18,9	17,4	9,5	21,2	9,3	12,6	38,6	5,4	100,0	9,2	8,2	10,0	4,8	6,5	30,5	8,0	6,8	8,0	18,6
63	5,5	18,9	17,4	10,5	21,2	9,3	12,6	38,6	5,4	100,0	9,8	9,0	10,0	5,2	6,5	30,5	8,0	7,2	9,0	18,6
64	5,6	19,4	17,4	10,5	21,2	9,8	13,4	38,6	5,4	10,5,0	9,8	9,0	12,0	5,2	7,0	32,8	8,0	7,2	9,0	20,8
65	5,6	19,4	17,4	10,5	21,8	9,8	13,4	38,6	5,4	105,0	9,8	9,0	12,0	5,2	7,0	32,8	8,0	7,2	15,0	20,8
66	5,7	19,6	17,4	11,5	21,8	9,8	13,6	40,2	5,4	105,0	10,0	9,5	14,0	5,4	7,0	40,6	8,4	8,0	15,2	20,8
67	5,7	19,6	18,0	11,5	21,8	9,8	14,1	40,2	5,4	105,0	10,0	9,5	14,0	5,4	7,5	40,6	8,4	8,0	15,3	26,4
68	5,8	19,6	18,0	11,5	21,8	10,3	14,1	42,4	5,4	105,0	10,0	9,5	16,0	5,6	7,5	40,8	8,6	8,0	16,2	26,4
69	5,8	19,6	18,0	11,5	22,2	10,3	14,1	43,5	5,4	105,0	10,0	10,0	17,3	5,6	7,5	49,0	8,6	9,0	16,3	26,4
70	5,8	19,9	18,4	11,5	22,2	10,3	14,1	43,5	6,5	110,0	10,0	10,0	17,5	6,0	8,0	52,0	8,6	9,0	20,2	30,2
71	5,8	19,9	18,4	12,0	22,4	10,8	14,1	43,5	6,5	110,0	10,0	10,0	17,6	6,0	8,2	52,0	9,0	9,0	20,2	30,2
72	5,8	19,9	18,4	12,0	22,4	10,8	14,1	44,9	6,5	110,0	10,0	10,0	17,8	6,0	8,2	52,3	9,0	10,4	20,2	30,2

73	6,0	20,6	19,0	12,0	22,4	11,6	14,1	47,2	6,5	110,0	10,0	12,0	18,0	6,2	8,4	54,0	9,0	10,4	20,2	30,2
74	6,0	20,6	19,0	12,0	22,4	12,4	14,6	47,2	6,5	110,0	12,0	12,0	18,0	6,2	8,6	54,0	9,0	10,4	26,4	40,1
75	6,1	20,6	19,0	12,2	22,8	12,4	14,6	47,2	6,5	110,0	12,0	14,0	19,0	6,3	8,6	54,0	9,5	16,2	26,4	40,3
76	6,1	20,6	20,2	12,2	23,6	12,4	14,6	47,2	6,5	110,0	12,0	14,0	19,0	6,5	8,6	54,0	9,5	16,2	28,2	40,5
77	6,2	21,3	20,2	12,2	24,4	12,4	14,6	47,2	7,2	115,0	12,0	16,0	20,0	7,3	9,0	56,0	10,6	16,2	28,2	50,3
78	6,2	21,3	20,2	12,2	24,6	12,4	14,6	49,6	7,2	115,0	12,0	16,0	20,0	7,3	9,0	58,0	10,6	18,0	30,4	50,4
79	6,6	21,3	20,7	13,4	24,6	12,4	15,4	49,6	7,2	115,0	12,0	16,0	20,0	7,3	9,5	58,0	10,6	18,0	30,4	50,4
80	6,8	22,4	20,7	13,4	26,3	13,4	15,4	50,8	7,2	115,0	12,0	18,0	24,0	8,1	9,5	60,0	10,6	18,0	30,4	50,4
81	7,0	22,4	22,5	13,4	26,3	14,4	15,4	52,5	7,2	120,0	14,0	18,0	26,0	8,2	15,0	62,0	12,0	20,5	32,6	52,6
82	7,0	23,5	22,5	14,7	26,3	14,4	15,4	52,5	7,2	120,0	14,0	20,0	28,0	8,2	15,2	62,0	18,0	20,5	32,6	52,6
83	7,2	23,5	23,4	15,5	27,5	14,4	16,1	53,8	7,7	120,0	14,0	20,0	30,0	8,2	15,8	64,2	18,0	20,5	40,1	52,6
84	7,2	23,5	23,4	15,5	27,5	15,4	16,1	53,8	7,7	120,0	14,0	22,0	32,0	8,2	16,0	64,2	20,0	21,0	40,2	52,8
85	7,4	24,2	24,6	16,2	28,7	15,4	16,1	57,6	7,7	120,0	14,0	22,0	36,0	8,5	16,0	64,6	22,0	21,0	40,2	52,8
86	7,8	24,2	24,6	17,6	29,3	16,5	17,4	57,6	7,7	120,0	16,0	22,0	36,0	8,5	18,0	64,6	22,0	21,0	40,6	60,0
87	7,9	25,5	25,0	18,5	29,3	16,5	17,4	61,3	8,8	130,0	16,0	26,0	36,0	9,0	20,0	70,6	24,0	22,0	60,6	60,2
88	8,0	25,5	25,0	18,5	30,2	16,5	18,4	61,3	8,8	130,0	18,0	26,0	40,0	10,0	25,0	70,8	26,0	25,0	60,8	60,2
89	8,1	26,3	25,0	18,5	30,2	17,4	19,0	61,3	9,1	130,0	18,0	28,0	42,0	10,0	27,0	80,0	28,0	27,0	72,8	60,4
90	8,7	26,3	25,8	20,1	31,6	17,4	19,4	64,7	9,1	130,0	18,0	28,0	42,0	11,0	27,0	80,0	28,0	30,0	72,8	60,4
91	8,8	26,3	26,4	22,2	35,3	19,4	19,4	64,7	10,3	150,0	20,0	32,0	46,0	13,0	28,0	80,0	30,0	30,0	76,6	62,2
92	10,8	26,3	28,3	24,0	36,4	19,4	19,4	64,7	10,3	155,0	20,0	32,0	46,0	13,0	28,0	80,0	33,3	30,0	76,6	64,2
93	11,0	27,2	29,6	26,4	41,8	20,8	19,8	64,7	11,8	165,0	20,0	36,3	18,0	13,2	30,3	100,0	33,5	40,5	80,0	64,4
94	11,4	27,2	31,9	26,4	42,0	20,8	21,0	70,2	12,6	180,0	30,0	36,8	48,0	16,0	30,3	110,0	38,3	40,5	80,0	66,6
95	11,8	27,2	32,6	27,2	45,4	22,4	25,2	70,2	14,4	185,0	36,0	40,2	48,0	18,0	36,3	120,0	40,5	55,5	86,6	66,8
96	12,0	27,2	34,0	27,2	49,4	23,6	26,0	73,1	15,4	185,0	42,0	48,0	52,0	22,0	40,0	122,0	45,0	60,0	90,0	70,2
97	13,2	30,2	37,0	31,6	53,2	23,6	30,2	73,1	15,4	200,0	50,0	50,0	60,0	26,0	48,0	124,0	50,0	60,0	90,0	70,6

Приложение 2

Таблица значений функции Ф(x)

x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)	x	Ф(x)		
0.0	0.0000	0.32	0.1255	0.64	0.2389	0.96	0.3315	1.28	0.3997	1.60	0.4452	1.92	0.4726	2.24	0.4934	2.56	0.5099	2.88	0.5222	3.20	0.5309	3.52	0.5359
0.01	0.0040	0.33	0.1293	0.65	0.2422	0.97	0.3344	1.29	0.4015	1.61	0.4463	1.93	0.4732	2.25	0.4938	2.57	0.5100	2.89	0.5224	3.21	0.5310	3.53	0.5360
0.02	0.0080	0.34	0.1331	0.66	0.2454	0.98	0.3365	1.30	0.4032	1.62	0.4474	1.94	0.4738	2.26	0.4941	2.58	0.5105	2.90	0.5226	3.22	0.5315	3.54	0.5365
0.03	0.0120	0.35	0.1368	0.67	0.2486	0.99	0.3389	1.31	0.4049	1.63	0.4481	1.95	0.4744	2.27	0.4945	2.59	0.5110	2.91	0.5228	3.23	0.5320	3.55	0.5370
0.04	0.0160	0.36	0.1406	0.68	0.2517	1.0	0.3413	1.32	0.4066	1.64	0.4495	1.96	0.475	2.28	0.4948	2.6	0.5115	2.92	0.523	3.24	0.5325	3.56	0.5375
0.05	0.0199	0.37	0.1443	0.69	0.2549	1.01	0.3438	1.33	0.4082	1.65	0.4505	1.97	0.4756	2.29	0.4951	2.61	0.512	2.93	0.5232	3.25	0.533	3.57	0.538
0.06	0.0239	0.38	0.1480	0.7	0.258	1.02	0.3461	1.34	0.4099	1.66	0.4515	1.98	0.4761	2.3	0.4953	2.62	0.5125	2.94	0.5234	3.26	0.5335	3.58	0.5385
0.07	0.0279	0.39	0.1517	0.71	0.2611	1.03	0.3485	1.35	0.4115	1.67	0.4525	1.99	0.4768	2.31	0.4956	2.63	0.513	2.95	0.5236	3.27	0.534	3.59	0.539
0.08	0.0319	0.4	0.1554	0.72	0.2642	1.04	0.3508	1.36	0.4131	1.68	0.4535	2.0	0.4772	2.32	0.4959	2.64	0.5135	2.96	0.5238	3.28	0.5345	3.6	0.5395
0.09	0.0359	0.41	0.1591	0.73	0.2673	1.05	0.3531	1.37	0.4147	1.69	0.4545	2.02	0.4783	2.33	0.4961	2.65	0.514	2.97	0.524	3.29	0.535	3.61	0.54
0.10	0.0398	0.42	0.1628	0.74	0.2703	1.06	0.3554	1.38	0.4162	1.7	0.4554	2.04	0.4793	2.34	0.4963	2.66	0.5145	2.98	0.5242	3.3	0.5355	3.62	0.5405
0.11	0.0438	0.43	0.1664	0.75	0.2734	1.07	0.3577	1.39	0.4177	1.71	0.4564	2.06	0.4803	2.35	0.4965	2.67	0.515	2.99	0.5244	3.31	0.536	3.63	0.541
0.12	0.0478	0.44	0.17	0.76	0.2764	1.08	0.3599	1.4	0.4192	1.72	0.4573	2.08	0.4812	2.36	0.4967	2.68	0.5155	3.0	0.5246	3.32	0.5365	3.64	0.5415
0.13	0.0517	0.45	0.1736	0.77	0.2794	1.09	0.3621	1.41	0.4207	1.73	0.4582	2.1	0.4821	2.37	0.4969	2.69	0.516	3.01	0.5248	3.33	0.537	3.65	0.542
0.14	0.0557	0.46	0.1772	0.78	0.2823	1.1	0.3643	1.42	0.4222	1.74	0.4591	2.12	0.483	2.38	0.4971	2.7	0.5165	3.02	0.525	3.34	0.5375	3.66	0.5425
0.15	0.0596	0.47	0.1808	0.79	0.2852	1.11	0.3665	1.43	0.4236	1.75	0.4599	2.14	0.4838	2.39	0.4973	2.71	0.517	3.03	0.5252	3.35	0.538	3.67	0.543
0.16	0.0636	0.48	0.1884	0.8	0.2881	1.12	0.3683	1.44	0.4251	1.76	0.4608	2.16	0.4846	2.4	0.4974	2.72	0.5175	3.04	0.5254	3.36	0.5385	3.68	0.5435
0.17	0.0675	0.49	0.1879	0.81	0.291	1.13	0.3708	1.45	0.4265	1.77	0.4616	2.18	0.4854	2.41	0.4976	2.73	0.518	3.05	0.5256	3.37	0.539	3.69	0.544
0.18	0.0714	0.5	0.1915	0.82	0.2939	1.14	0.3729	1.46	0.4279	1.78	0.4625	2.2	0.4861	2.42	0.4977	2.74	0.5185	3.06	0.5258	3.38	0.5395	3.7	0.5445
0.19	0.0753	0.51	0.195	0.83	0.2967	1.15	0.3749	1.47	0.4292	1.79	0.4633	2.22	0.4868	2.43	0.4979	2.75	0.519	3.07	0.526	3.39	0.54	3.71	0.545
0.20	0.0793	0.52	0.1985	0.84	0.2995	1.16	0.377	1.48	0.4306	1.8	0.4641	2.24	0.4875	2.44	0.498	2.76	0.5195	3.08	0.5262	3.4	0.5405	3.72	0.5455
0.21	0.0832	0.53	0.2019	0.85	0.3023	1.17	0.379	1.49	0.4319	1.81	0.4649	2.26	0.4881	2.45	0.4981	2.77	0.52	3.09	0.5264	3.41	0.541	3.73	0.546
0.22	0.0871	0.54	0.2054	0.86	0.3051	1.18	0.381	1.5	0.4332	1.82	0.4656	2.28	0.4887	2.46	0.4982	2.78	0.5205	3.1	0.5266	3.42	0.5415	3.74	0.5465
0.23	0.0910	0.55	0.2088	0.87	0.3078	1.19	0.383	1.51	0.4345	1.83	0.4664	2.3	0.4893	2.47	0.4984	2.79	0.521	3.11	0.5268	3.43	0.542	3.75	0.547
0.24	0.0948	0.56	0.2123	0.88	0.3106	1.2	0.3849	1.52	0.4357	1.84	0.4671	2.32	0.4898	2.48	0.4985	2.8	0.5215	3.12	0.527	3.44	0.5425	3.76	0.5475
0.25	0.0987	0.57	0.2157	0.89	0.3133	1.21	0.3869	1.53	0.437	1.85	0.4678	2.34	0.4904	2.49	0.4986	2.81	0.522	3.13	0.5272	3.45	0.543	3.77	0.548
0.26	0.1026	0.58	0.219	0.9	0.3159	1.22	0.3883	1.54	0.4382	1.86	0.4686	2.36	0.4909	2.5	0.49865	2.82	0.5225	3.14	0.5274	3.46	0.5435	3.78	0.5485
0.27	0.1064	0.59	0.2224	0.91	0.3186	1.23	0.3907	1.55	0.4394	1.87	0.4693	2.38	0.4913	2.51	0.4991	2.83	0.523	3.15	0.5276	3.47	0.544	3.79	0.549
0.28	0.1103	0.6	0.2257	0.92	0.3212	1.24	0.3925	1.56	0.4406	1.88	0.4699	2.4	0.4918	2.52	0.49966	2.84	0.5235	3.16	0.5278	3.48	0.5445	3.8	0.5495
0.29	0.1141	0.61	0.2291	0.93	0.3238	1.25	0.3944	1.57	0.4418	1.89	0.4706	2.42	0.4922	2.53	0.499841	2.85	0.524	3.17	0.528	3.49	0.545	3.81	0.55
0.30	0.1179	0.62	0.2324	0.94	0.3264	1.26	0.3962	1.58	0.4429	1.9	0.4713	2.44	0.4927	2.54	0.499928	2.86	0.5245	3.18	0.5282	3.5	0.5455	3.82	0.5505
0.31	0.1217	0.63	0.2357	0.95	0.3289	1.27	0.398	1.59	0.4441	1.91	0.4719	2.46	0.4931	2.55	0.500068	2.87	0.525	3.19	0.5284	3.51	0.546	3.83	0.551

Значения $\chi^2$ в зависимости от $\nu$ и $p$														
$\nu/p$	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,000	0,001	0,004	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,71	3,84	5,41	6,64	10,83
2	0,020	0,040	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,41	3,22	4,60	5,99	7,82	9,21	13,82
3	0,155	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	9,84	11,34	16,27
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	11,67	13,28	18,46
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	13,39	15,09	20,5
6	0,872	1,134	1,635	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	15,03	16,81	22,5
7	1,239	1,564	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	16,62	18,48	24,3
8	1,646	2,03	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	18,17	20,1	26,1
9	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	19,68	21,7	27,9
10	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	21,2	23,2	29,6
11	3,05	3,61	4,58	5,58	7,42	8,15	10,34	12,90	14,63	17,28	19,68	22,6	24,7	31,3
12	3,57	4,18	5,23	6,30	8,1	9,03	11,34	14,01	15,81	18,55	21,0	24,1	26,2	32,9
13	4,11	4,76	5,89	7,04	8,63	9,93	12,34	15,12	16,98	19,81	22,4	25,5	27,7	34,6
14	4,66	5,37	6,57	7,79	9,47	10,82	13,34	16,22	18,15	21,1	23,7	26,9	29,1	36,1
15	5,23	5,98	7,26	8,55	10,31	11,72	14,34	17,32	19,31	22,3	25,0	28,3	30,6	37,7
16	5,81	6,61	7,96	9,31	11,15	12,62	15,34	18,42	20,5	23,5	26,3	29,6	32,0	39,3
17	6,41	7,26	8,67	10,08	12,00	13,53	16,34	19,51	21,6	24,8	27,6	31,0	33,4	40,8
18	7,02	7,91	9,39	10,86	12,86	14,44	17,34	20,6	22,8	26,0	28,9	32,3	34,8	42,3
19	7,63	8,57	10,11	11,65	13,72	15,35	18,34	21,7	23,9	27,2	30,1	33,7	36,2	43,8
20	8,26	9,24	10,85	12,44	14,58	16,27	19,34	22,8	25,0	28,4	31,4	35,0	37,6	45,3
21	8,90	9,92	11,59	13,24	15,44	17,18	20,3	23,9	26,2	29,6	32,7	36,3	38,9	46,8
22	9,54	10,60	12,34	14,04	16,31	18,10	21,3	24,9	27,3	30,3	33,9	37,7	40,3	48,3
23	10,20	11,29	13,09	14,85	17,19	19,02	22,3	26,0	28,4	32,0	35,2	39,0	41,6	49,7
24	10,86	11,99	13,85	15,66	18,06	19,94	23,3	27,1	29,6	33,2	36,4	40,3	43,0	51,2
25	11,52	12,70	14,61	16,47	18,94	20,9	24,3	28,2	30,7	34,4	37,7	41,7	44,3	52,6
26	12,20	13,41	15,38	17,29	19,82	21,8	25,3	29,2	31,8	35,6	38,9	42,9	45,6	54,1
27	12,88	14,12	16,15	18,11	20,7	22,7	26,3	30,3	32,9	36,7	40,1	44,1	47,0	55,5
28	13,56	14,85	16,93	18,94	21,6	23,6	27,3	31,4	34,0	37,9	41,3	45,4	48,3	56,9
29	14,26	15,57	17,71	19,77	22,5	24,6	28,3	32,5	35,1	39,1	42,6	46,7	49,6	58,3
30	14,95	16,31	18,49	20,6	23,4	25,5	29,3	33,5	36,2	40,3	43,8	48,0	50,9	59,7



## ЛИТЕРАТУРА

1. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Шпильберг Л.Н. Надежность горных машин и комплексов. – М.: МГИ, 1972 – 192 с.
2. Проников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
3. Хазов Б.Ф. Надежность строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 192 с.

---

Підписано до друку 12.09.2012р. . Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 0,88  
Друк лазерний. Замовлення № 51/12. Тираж 50 прим.

**Надруковано в Видавничому центрі КП ДВНЗ „ДонНТУ”**