

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та комп'ютерних технологій



Кафедра «Технічний сервіс в АПК»

**МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ**  
Методичні вказівки до практичної роботи №14  
на тему: **«РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ**  
**МЕТОДОМ ЙМОВІРНОСТІ»**

напрямок підготовки 6.050503 «Машинобудування»

ОКР Бакалавр  
(на основі повної загальної середньої освіти)

**2018**

**Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання.** Методичні вказівки до практичної роботи №14 на тему «РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ МЕТОДОМ ЙМОВІРНОСТІ» для студентів напрям підготовки 6.050503 «Машинобудування» ОКР Бакалавр (на основі повної загальної середньої освіти) Таврійський державний агротехнологічний університет, 2018. – 16 с.

**Розробили:** к.т.н., проф. Серий І.С.,  
к.т.н., доц. Паніна В.В.,  
ас. Полудненко О.В.

**Рецензент:** доц. Дашивець Г.І.

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Технічний сервіс в АПК» .  
Протокол № від . .2018 р.

Схвалено і рекомендовано до впровадження в навчальний процес методичною комісією факультету інженерії та комп'ютерних технологій  
Протокол № від . .2018 р.

# РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ МЕТОДОМ ЙМОВІРНОСТІ

## Практична робота № 14

### МЕТА РОБОТИ

Навчитися розраховувати розмірні ланцюги методом ймовірності.

### 1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

#### 1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

Вивчити методику розрахунку розмірних ланцюгів ймовірним методом [1 с.238-243].

#### 1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Що таке замикальна ланка?
- 1.2.2 Що таке збільшувальна ланка?
- 1.2.3 Що таке зменшувальна ланка?
- 1.2.4 В якому виробництві користуються методом ймовірності?

#### 1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник/ І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Агропромиздат, 1987.-367с.
3. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. -Київ.:Урожай, 1995.-264с.
4. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник.-5-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1979.– 343 с.

5. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для вузов/А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов.-6-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1986.– 352 с.

## **2 ВКАЗІВКИ З ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

### **2.1 Програма роботи**

2.1.1 Розрахувати розмірний ланцюг ймовірним методом.

2.1.2 Порівняти результати розрахунків розмірного ланцюга методом повної взаємозамінності та ймовірним методом.

### **2.2 Вихідні дані до виконання роботи**

2.2.1 Кресленик конструкції вузла (Додаток А).

### **2.3 Рекомендації щодо виконання роботи й оформлення звіту по розрахунку розмірних ланцюгів ймовірним методом**

2.3.1 Розрахунок розмірного ланцюга для замикальної ланки  $A_{\Delta}=3\pm 0,5$  мм ймовірним методом.

2.3.2 Для обґрунтування початкових умов розрахунку обчислюємо функцію Лапласа для замикальної ланки за угодою, що відсоток браку  $Q_{\Delta}$  замикальної ланки розмірного ланцюга дорівнює 0,27

$$\Phi(t_{\Delta}) = \frac{100 - Q_{\Delta}}{200}; \quad (1)$$

$$\Phi(t_{\Delta}) = \frac{100 - 0,27}{200} = 0,49965.$$

Тоді коефіцієнт ризику замикальної ланки  $t_{\Delta}$ , згідно таблиці  $\Phi(t)$  (Додаток Б), дорівнює

$$t_{\Delta} = 3.$$

Для складових ланок відсоток браку  $Q_n$  теж дорівнює 0,27. Тому коефіцієнт ризику складових ланок  $t_n$  дорівнює

$$t_n = 3.$$

Співвідношення коефіцієнта ризику складових ланок  $t_n$  і коефіцієнта ризику замикальної ланки  $t_{\Delta}$  виглядає так

$$\eta = \frac{t_n}{t_{\Delta}}. \quad (2)$$

Чисельне значення співвідношення коефіцієнтів ризику дорівнює

$$\eta = \frac{3}{3} = 1.$$

2.3.2 Розраховуємо розширений коефіцієнт точності розмірного ланцюга

$$k_P = \sqrt{\frac{(TA_{\Delta})^2 \eta^2 - \sum_{i=1}^{n-1} (TA_i^{в\text{ід}})^2}{q+1}}; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^q i^2 A_i^{визн}$$

$$TA_{\Delta} = 500 - (-500) = 1000 \text{ мкм};$$

$$\sum_{q+1}^{n-1} (TA_i^{\text{Вид}})^2 = (TA_4)^2 + (TA_6)^2;$$

$$TA_4 = ESA_4 - EIA_4;$$

$$TA_4 = 0 - (-120) = 120 \text{ мкм};$$

$$TA_6 = ESA_6 - EIA_6;$$

$$TA_6 = 0 - (-120) = 120 \text{ мкм};$$

$$\sum_{i=1}^q i^2 A_i^{\text{Визн}} = i^2 A_1 + i^2 A_2 + i^2 A_3 + i^2 A_5 + i^2 A_7;$$

$$\dot{i}_{A_1} = 1 \text{ мкм (Таблица В1, Додаток В);}$$

$$\dot{i}_{A_2} = 0,63 \text{ мкм};$$

$$\dot{i}_{A_3} = 1,71 \text{ мкм};$$

$$\dot{i}_{A_5} = 1,44 \text{ мкм};$$

$$\dot{i}_{A_7} = 2,2 \text{ мкм};$$

$$k_p = \sqrt{\frac{1000^2 \cdot 1^2 - (120^2 + 120^2)}{1^2 + 0,63^2 + 1,71^2 + 1,44^2 + 2,2^2}} = 294.$$

2.3.3 За розрахованим коефіцієнтом точності визначаємо квалітет розмірного ланцюга за таблицею (Таблиця В2, Додаток В) чисел одиниць допуску по квалітетах. Обираємо квалітет ІТ14, у якого кількість одиниць допуску дорівнює 400.

2.3.4 Призначаємо стандартні допуски на розміри ланцюгів з невідомими граничними відхилами по обраному квалітету ІТ14 (Таблиця В3, Додаток В).

$$\begin{aligned} TA_1 &= 360 \text{ мкм}; & TA_2 &= 250 \text{ мкм}; & TA_3 &= 620 \text{ мкм}; \\ TA_5 &= 520 \text{ мкм}; & TA_7 &= 870 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

2.3.5 Розраховуємо ймовірний фактичний відсоток браку по замикальній ланці  $Q_{\Delta\phi}$  при обраному квалітету ІТ14.

Відповідно до формули (2), фактичний коефіцієнт ризику замикальної ланки визначиться так

$$t_{\Delta\phi} = \frac{t_H}{\eta_\phi}; \quad (4)$$

Приймаємо, що всі складові ланки розмірного ланцюга придатні

$$t_H = 3.$$

Значення фактичного співвідношення коефіцієнтів ризику дорівнює

$$\eta_\phi = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (TA_i)^2}}{TA_\Delta}; \quad (5)$$

$$\eta_{\Phi} = \frac{\sqrt{(TA_1)^2 + (TA_2)^2 + (TA_3)^2 + (TA_4)^2 + (TA_5)^2 + (TA_6)^2 + (TA_7)^2}}{TA_{\Delta}};$$

$$\eta_{\Phi} = \frac{\sqrt{(360)^2 + (250)^2 + (620)^2 + (120)^2 + (520)^2 + (120)^2 + (870)^2}}{1000} = 1,28;$$

Фактичний коефіцієнт ризику замикальної ланки дорівнює

$$t_{\Delta\Phi} = \frac{3}{1,28} = 2,34.$$

Функція Лапласа дорівнює  $\Phi(t_{\Delta\Phi}) = 0,4904$  (Додаток Б).

Ймовірний фактичний відсоток браку за замикальною ланкою при обраному квалітету дорівнює

$$Q_{\Delta\Phi} = (1 - 2 \Phi(t_{\Delta\Phi}))100\%; \quad (6)$$

$$Q_{\Delta\Phi} = (1 - 2 \cdot 0,4904) \cdot 100 \% = 1,92 \%;$$

Припускаємо, що ймовірний фактичний відсоток браку за замикальною ланкою при обраному квалітету задовольняє технічним та іншим вимогам.

2.3.6 Призначаємо у якості корегуючої ланку  $A_2$ , яка є зменшувальною.

2.3.7 Призначаємо стандартні поля допусків на розміри ланцюгів з невідомими граничними відхиленнями за обраним квалітетом IT14 за технологічним принципом, та визначаємо граничні відхилення цих розмірів

$$A_1 = 8 h14(^0_{-0,36}) \text{ мм};$$

$$A_5 = 28 h14(^0_{-0,52}) \text{ мм};$$

$$A_3 = 35h14(^0_{-0,62}) \text{ мм}$$

$$A_7 = 105 J_s14(\pm 0,435) \text{ мм.}$$

2.3.8 Розраховуємо координату середини поля допуску корегуючої ланки, яка є зменшувальною

$$EMA_{\text{коп}}^{3M} = \sum_{i=1}^m EMA_i^{3\sigma} - \sum_{m+1}^{n-1} EMA_i^{3M} - EMA_{\Delta}; \quad (7)$$

$$EMA_2^{\text{коп}} = A_7^{3\sigma} - (EMA_1^{3M} + EMA_3^{3M} + EMA_4^{3M} + EMA_5^{3M} + EMA_6^{3M}) - EMA_{\Delta};$$

$$EMA_i = \frac{ESA_i + EIA_i}{2}; \quad (8)$$

$$EMA_{\Delta} = \frac{500 + (-500)}{2} = 0 \text{ мкм};$$

$$EMA_1 = \frac{0 + (-360)}{2} = -180 \text{ мкм}; \quad EMA_3 = \frac{0 + (-620)}{2} = -310 \text{ мкм};$$

$$EMA_4 = \frac{0 + (-120)}{2} = -60 \text{ мкм}; \quad EMA_5 = \frac{0 + (-520)}{2} = -260 \text{ мкм};$$

$$EMA_6 = \frac{0 + (-120)}{2} = -60 \text{ мкм}; \quad EMA_7 = \frac{435 + (-435)}{2} = 0 \text{ мкм};$$

$$EMA_2 = 0 - 0 - ((-180) + (-310) + (-60) + (-260) + (-60)) = +870 \text{ мкм}.$$

2.3.9 Розраховуємо граничні відхилення корегуючої ланки

$$ESA_i^{\text{коп}} = EMA_i^{\text{коп}} + \frac{TA_i^{\text{коп}}}{2}; \quad (9)$$

$$EIA_i^{\text{кор}} = EMA_i^{\text{кор}} - \frac{TA_i^{\text{кор}}}{2}; \quad (10)$$

$$ESA_2^{\text{кор}} = +870 + \frac{250}{2} = +995 \text{ мкм};$$

$$EIA_2^{\text{кор}} = +870 - \frac{250}{2} = +745 \text{ мкм};$$

Розміри корегуючої ланки  $A_2 = 3 \begin{smallmatrix} +0,995 \\ +0,745 \end{smallmatrix}$  мм.

2.3.10 Порівнюємо результати розрахунків розмірного ланцюга різними методами

Метод повної взаємозамінності

Метод ймовірності

$$A_1 = 8 \text{ h}11(^0_{-0,09}) \text{ мм};$$

$$A_1 = 8 \text{ h}14(^0_{-0,36}) \text{ мм};$$

$$A_2 = 3 \begin{smallmatrix} +0,39 \\ +0,23 \end{smallmatrix} \text{ мм};$$

$$A_2 = 3 \begin{smallmatrix} +0,39 \\ +0,23 \end{smallmatrix} \text{ мм};$$

$$A_3 = 35\text{h}11(^0_{-0,16}) \text{ мм};$$

$$A_3 = 35\text{h}14(^0_{-0,62}) \text{ мм};$$

$$A_4 = 14^0_{-0,12} \text{ мм};$$

$$A_4 = 14^0_{-0,12} \text{ мм};$$

$$A_5 = 28 \text{ h}11(^0_{-0,13}) \text{ мм};$$

$$A_5 = 28 \text{ h}14(^0_{-0,52}) \text{ мм};$$

$$A_6 = 14^0_{-0,12} \text{ мм};$$

$$A_6 = 14^0_{-0,12} \text{ мм};$$

$$A_7 = 105 \text{ J}_s11(\pm 0,11) \text{ мм};$$

$$A_7 = 105 \text{ J}_s14(\pm 0,435) \text{ мм}.$$

## 2.4 Питання для самоконтролю

### 1. РОЗРАХУНОК РОЗМІРНОГО ЛАНЦЮГА МЕТОДОМ ІМОВІРНОСТІ СЛІД ВИКОРИСТОВУВАТИ У ВИРОБНИЦТВІ:

- a)  індивідуальному
- b)  дрібносерійному
- c)  масовому

### 2. РОЗРАХУНОК РОЗМІРНОГО ЛАНЦЮГА МЕТОДОМ ІМОВІРНОСТІ ПОЧИНАЮТЬ З:

- a)  встановлення точності обробки
- b)  встановлення квалітету
- c)  встановлення відсотку браку замикальною ланкою

### 3. БІЛЬШ ДЕШЕВЕ ВИРОБНИЦТВО ДЕТАЛЕЙ ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РОЗРАХУНКУ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ МЕТОДОМ:

- a)  компенсаторів
- b)  повної взаємозамінності
- c)  імовірності

### 4. РОЗРАХУНОК РОЗМІРНОГО ЛАНЦЮГА МЕТОДОМ ІМОВІРНОСТІ МАЄ НЕДОЛІК:

- a)  браку немає
- b)  малі допуски
- c)  є брак

### 5. ПРИ РОЗРАХУНКУ РОЗМІРНОГО ЛАНЦЮГА МЕТОДОМ ІМОВІРНОСТІ ВЕЛИЧИНА ДОПУСКА:

- a)  не змінюється
- b)  зменшується
- c)  збільшується



ДОДАТОК Б  
(обов'язковий)

Таблиця Б1 – Значення інтеграла  $\Phi(t)$

$t$	$\Phi(t)$	$t$	$\Phi(t)$	$t$	$\Phi(t)$	$t$	$\Phi(t)$
0,00	0,0000	0,80	0,2881	1,60	0,4452	2,40	0,4918
0,02	0,0080	0,80	0,2939	1,62	0,4474	2,42	0,4922
0,04	0,0160	0,84	0,2995	1,64	0,4495	2,44	0,4927
0,06	0,0239	0,86	0,3051	1,66	0,4515	2,46	0,4931
0,08	0,0319	0,88	0,3106	1,68	0,4535	2,48	0,4934
0,10	0,0398	0,90	0,3159	1,70	0,4554	2,50	0,4938
0,12	0,0478	0,92	0,3212	1,72	0,4573	2,52	0,4941
0,14	0,0557	0,94	0,3264	1,74	0,4591	2,54	0,4945
0,16	0,0636	0,96	0,3315	1,76	0,4608	2,56	0,4948
0,18	0,0714	0,98	0,3365	1,78	0,4625	2,58	0,4951
0,20	0,0793	1,00	0,3413	1,80	0,4641	2,60	0,4953
0,22	0,0871	1,02	0,3461	1,82	0,4656	2,62	0,4956
0,24	0,0948	1,04	0,3508	1,84	0,4671	2,64	0,4959
0,26	0,1026	1,06	0,3554	1,86	0,4686	2,66	0,4961
0,28	0,1103	1,08	0,3599	1,88	0,4689	2,68	0,4963
0,30	0,1179	1,10	0,3643	1,90	0,4713	2,70	0,4965
0,32	0,1255	1,12	0,3686	1,92	0,4726	2,72	0,4967
0,34	0,1331	1,14	0,3729	1,94	0,4738	2,74	0,4969
0,36	0,1406	1,16	0,3770	1,96	0,4750	2,76	0,4971
0,38	0,1480	1,18	0,3810	1,98	0,4761	2,78	0,4973
0,40	0,1554	1,20	0,3849	2,00	0,4772	2,80	0,4974
0,42	0,1628	1,22	0,3888	2,02	0,4783	2,82	0,4976
0,44	0,1700	1,24	0,3925	2,04	0,4793	2,84	0,4977
0,46	0,1772	1,26	0,3962	2,06	0,4803	2,86	0,4979
0,48	0,1844	1,28	0,3997	2,08	0,4812	2,88	0,4980
0,50	0,1915	1,80	0,4032	2,10	0,4921	2,90	0,4981
0,52	0,1985	1,32	0,4066	2,12	0,4830	2,92	0,4982
0,54	0,2054	1,34	0,4099	2,14	0,4838	2,94	0,4984
0,56	0,2132	1,36	0,4131	2,16	0,4846	2,96	0,4985
0,58	0,2190	1,38	0,4162	2,18	0,4854	2,98	0,4986
0,60	0,2257	1,40	0,4192	2,20	0,4861	3,00	0,49865
0,62	0,2324	1,42	0,4222	2,22	0,4868	3,20	0,49931
0,64	0,2389	1,44	0,4251	2,24	0,4875	3,40	0,49966
0,66	0,2454	1,46	0,4279	2,26	0,4881	3,60	0,499841
0,68	0,2517	1,48	0,4306	2,28	0,4887	3,80	0,499928
0,70	0,2580	1,50	0,4332	2,30	0,4893	4,00	0,499968
0,72	0,2642	1,52	0,4357	2,32	0,4898	4,50	0,499997
0,74	0,2703	1,54	0,4382	2,34	0,4904	5,00	0,499997
0,76	0,2764	1,56	0,4406	2,36	0,4909		
0,78	0,2823	1,58	0,4429	2,38	0,4913		

ДОДАТОК В  
(обов'язковий)

Таблиця В1 – Значення одиниць допуску

Інтервал розмірів, мм			Одиниця допуску, мкм	Інтервал розмірів, мм			Одиниця допуску, мкм
Від	1	до 3	0,63	Від	80	до 120	2,20
»	3	» 6	0,83	»	120	» 180	2,50
»	6	» 10	1,00	»	180	» 250	2,90
»	10	» 18	1,21	»	250	» 315	3,38
»	18	» 30	1,44	»	315	» 400	3,60
»	30	» 50	1,71	»	400	» 500	4,00
»	50	» 80	1,90				

Таблиця В.2 – Значення числа одиниць допуску

Квалітет	Число одиниць допуску	Квалітет	Число одиниць допуску
IT5	7	IT12	160
IT6	10	IT13	250
IT7	16	IT14	400
IT8	25	IT15	640
IT9	40	IT16	1000
IT10	64	IT17	1600
IT11	100	IT18	2500

Таблиця В3 – СДП. Числові значення допусків. (ДСТУ ISO 286 - 1 - 2002)

Інтервал номіналь- них розмірів, мм	Квалітет																			
	мм																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Понад	До	мкм																		
3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00	1,40
6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80
10	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50	2,20
18	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70
30	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10	3,30
50	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60
80	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50	5,40
120	1,2	2	2,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30
180	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60	7,20
250	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,20	8,10
315	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,60	5,70	8,90
400	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,30	9,70
500	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0,70	1,10	1,75	2,80	4,40	7,00	11,00
630	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0,80	1,25	2,00	3,20	5,00	8,00	12,50
800	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0,90	1,40	2,30	3,60	5,60	9,00	14,00
1000	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,60	4,20	6,60	10,50	16,50
1250	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,10	5,00	7,80	12,50	19,50
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	1,50	2,30	3,70	6,00	9,20	15,00	23,00
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1,75	2,80	4,40	7,00	11,00	17,50	28,00
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	2,10	3,30	5,40	8,60	13,50	21,00	33,00

Примітка. Для розмірів менше 1 мм квалітети от 14 до 18 не застосовуються.

