

Міністерство освіти і науки України  
Миколаївський національний аграрний університет



**Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання:**

методичні рекомендації для виконання практичних робіт  
здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»  
денної та заочної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв  
2024

УДК 621:62-182.8

В-11

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету механізації сільського господарства Миколаївського національного аграрного університету, протокол № 2 від 01.10.2024 р.

Укладачі:

Іванов Г. О. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет.

Бабенко Д. В. – канд. техн. наук, професор, перший проректор, Миколаївський національний аграрний університет.

Доценко Н.А., д-р пед. наук, професорка, професорка кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет..

Полянський П.М. – канд. екон. наук, в.о. завідувача кафедри загальнотехнічних дисциплін, доцент, Миколаївський національний аграрний університет.

Степанов С.М. – ст. викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет.

Баранова О.В. – асистент кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Горбенко О.А. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії, Миколаївський національний аграрний університет

Марченко Д.Д. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет

© Миколаївський національний аграрний університет, 2024

## Практична робота 1. Розрахунок параметрів посадки з зазором

Визначити граничні відхили, граничні розміри і граничні зазори; допуски: отвору, вала, посадки; середні відхили і середні зазори.

Накреслити схему розташування полів допусків в масштабі.

Варіанти завдань наведено нижче.

$$1) \varnothing 4 \begin{array}{r} +0,014 \\ 0 \\ -0,020 \\ -0,034 \end{array}; 2) \varnothing 6 \begin{array}{r} +0,016 \\ +0,004 \\ 0 \\ -0,008 \end{array}; 3) \varnothing 10 \begin{array}{r} +0,022 \\ 0 \\ -0,025 \\ -0,040 \end{array}; 4) \varnothing 20 \begin{array}{r} +0,027 \\ +0,016 \\ 0 \\ -0,008 \end{array}; 5) \varnothing 150 \begin{array}{r} +0,100 \\ -0,043 \\ -0,143 \end{array};$$

$$6) \varnothing 200 \begin{array}{r} +0,335 \\ +0,170 \\ 0 \\ -0,185 \end{array}; 7) \varnothing 280 \begin{array}{r} +0,052 \\ 0 \\ -0,017 \\ -0,049 \end{array}; 8) \varnothing 315 \begin{array}{r} +0,740 \\ +0,600 \\ 0 \\ -0,089 \end{array}; 9) \varnothing 460 \begin{array}{r} +0,040 \\ 0 \\ -0,027 \end{array}; 10) \varnothing 540 \begin{array}{r} +0,960 \\ +0,520 \\ 0 \\ -0,440 \end{array};$$

$$11) \varnothing 500 \begin{array}{r} +0,063 \\ 0 \\ -0,020 \\ -0,040 \end{array}; 12) \varnothing 350 \begin{array}{r} +0,044 \\ +0,022 \\ 0 \\ -0,089 \end{array}; 13) \varnothing 120 \begin{array}{r} \pm 0,043 \\ -0,120 \\ -0,207 \end{array}; 14) \varnothing 40 \begin{array}{r} +0,014 \\ 0 \\ -0,020 \\ -0,034 \end{array};$$

$$15) \varnothing 6 \begin{array}{r} +0,016 \\ +0,004 \\ 0 \\ -0,008 \end{array}; 16) \varnothing 100 \begin{array}{r} +0,022 \\ 0 \\ -0,025 \\ -0,040 \end{array}; 17) \varnothing 200 \begin{array}{r} +0,027 \\ +0,016 \\ 0 \\ -0,008 \end{array}; 18) \varnothing 180 \begin{array}{r} +0,100 \\ -0,043 \\ -0,143 \end{array};$$

$$19) \varnothing 210 \begin{array}{r} +0,335 \\ +0,170 \\ 0 \\ -0,185 \end{array}; 20) \varnothing 180 \begin{array}{r} +0,052 \\ 0 \\ -0,017 \\ -0,049 \end{array}; 21) \varnothing 305 \begin{array}{r} +0,740 \\ +0,600 \\ 0 \\ -0,089 \end{array}; 21) \varnothing 360 \begin{array}{r} +0,040 \\ 0 \\ -0,027 \end{array};$$

$$22) \varnothing 340 \begin{array}{r} +0,960 \\ +0,520 \\ 0 \\ -0,440 \end{array}; 23) \varnothing 220 \begin{array}{r} \pm 0,044 \\ 0 \\ -0,089 \end{array}; 24) \varnothing 140 \begin{array}{r} \pm 0,043 \\ -0,120 \\ -0,207 \end{array}; 25) \varnothing 50 \begin{array}{r} +0,014 \\ 0 \\ -0,020 \\ -0,034 \end{array};$$

$$26) \varnothing 24 \begin{array}{r} +0,014 \\ 0 \\ -0,020 \\ -0,034 \end{array}; 27) \varnothing 16 \begin{array}{r} +0,016 \\ +0,004 \\ 0 \\ -0,008 \end{array}; 28) \varnothing 20 \begin{array}{r} +0,022 \\ 0 \\ -0,025 \\ -0,040 \end{array}; 29) \varnothing 25 \begin{array}{r} +0,027 \\ +0,016 \\ 0 \\ -0,008 \end{array};$$

$$30) \varnothing 140 \begin{array}{r} +0,100 \\ -0,043 \\ -0,143 \end{array}; 31) \varnothing 210 \begin{array}{r} +0,335 \\ +0,170 \\ 0 \\ -0,185 \end{array}; 32) \varnothing 250 \begin{array}{r} +0,052 \\ 0 \\ -0,017 \\ -0,049 \end{array}; 33) \varnothing 300 \begin{array}{r} +0,740 \\ +0,600 \\ 0 \\ -0,089 \end{array};$$

$$34) \varnothing 420 \begin{array}{r} +0,040 \\ 0 \\ -0,027 \end{array}; 35) \varnothing 140 \begin{array}{r} +0,960 \\ +0,520 \\ 0 \\ -0,440 \end{array}; 36) \varnothing 300 \begin{array}{r} +0,063 \\ 0 \\ -0,020 \\ -0,040 \end{array}; 37) \varnothing 250 \begin{array}{r} +0,040 \\ +0,020 \\ 0 \\ -0,089 \end{array};$$

$$38) \varnothing 110 \begin{array}{r} \pm 0,043 \\ -0,120 \\ -0,207 \end{array}; 39) \varnothing 45 \begin{array}{r} +0,014 \\ 0 \\ -0,020 \\ -0,034 \end{array}; 40) \varnothing 26 \begin{array}{r} +0,016 \\ +0,004 \\ 0 \\ -0,008 \end{array}.$$

Приклад. Дано посадку з зазором  $\varnothing 150 \begin{matrix} +0,150 \\ -0,043 \\ -0,143 \end{matrix}$ .

Визначити граничні відхили, розміри і зазори; допуски отвору, вала і посадки; середні відхили і зазор; накреслити схему розташування полів допусків з'єднання.

*Розв'язання.* Знаходимо номінальний розмір і відхили:  $D = 150$  мм; відхили отвору  $ES = +0,150$  мм,  $EI = 0$ ; відхили вала  $es = -0,043$  мм,  $ei = -0,143$  мм.

Граничні розміри визначаємо за формулами:

$$D_{\max} = D + ES = 150 + 0,150 = 150,150 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 150 + 0 = 150,000 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = D + es = 150 + (-0,043) = 149,957 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = D + ei = 150 + (-0,143) = 149,857 \text{ мм}.$$

Граничні зазори знаходимо за формулами:

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-0,043) = 0,043 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = ES - ei = 0,150 - (-0,143) = 0,293 \text{ мм}.$$

Граничні зазори можна визначити за граничними розмірами:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 150,000 - 149,957 = 0,043 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 150,150 - 149,857 = 0,293 \text{ мм}.$$

Допуски отвору і вала знаходимо за формулою:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 150,150 - 150,000 = 0,150 \text{ мм};$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 149,957 - 149,857 = 0,100 \text{ мм}$$

або

$$TD = ES - EI = 0,150 - 0 = 0,150 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = -0,043 - (-0,143) = 0,100 \text{ мм}.$$

Допуск посадки знаходимо за формулою:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,293 - 0,043 = 0,250 \text{ мм}$$

$$\text{або } TS = TD + Td = 0,150 + 0,100 = 0,250 \text{ мм}.$$

Середні відхили визначаємо за формулами:

$$E_{\text{сеп}} = \frac{ES + EI}{2} = \frac{+0,150 + 0}{2} = +0,075 \text{ мм};$$

$$e_{\text{сеп}} = \frac{es + ei}{2} = \frac{-0,043 + (-0,143)}{2} = -0,093 \text{ мм}.$$

Середній зазор знаходимо за формулою:

$$S_{\text{сер}} = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2} = \frac{0,293 + 0,043}{2} = 0,168 \text{ мм.}$$

Схема розташування полів допусків з'єднання наведено на рис. 1.

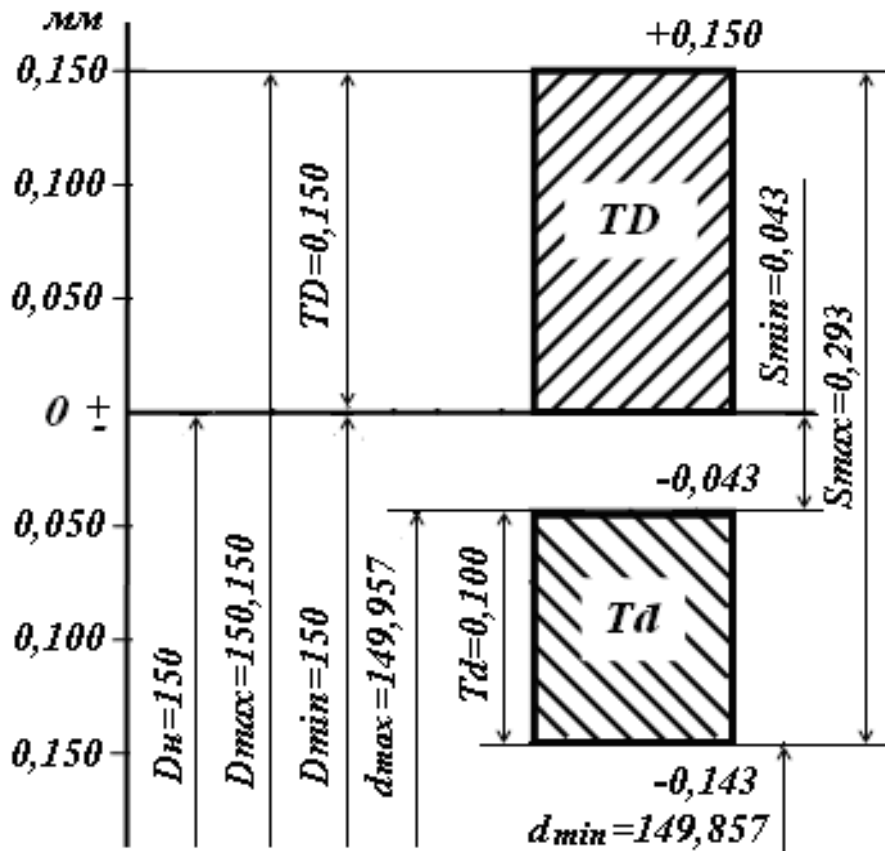


Рис. 1. Схема розташування полів допусків з'єднання

$$\begin{array}{c} \text{+0,100} \\ \text{Ø150} \\ \text{-0,043} \\ \text{-0,143} \end{array}$$

## Практична робота 2. Розрахунок параметрів посадки з натягом

Визначити граничні відхили, граничні розміри і граничні зазори; допуски: отвору, вала, посадки; середні відхили і середні зазори.

Накреслити схему розташування полів допусків в масштабі.

Варіанти завдань наведено нижче.

- 1)  $\text{Ø160} \begin{array}{c} -0,085 \\ -0,125 \\ 0 \\ -0,025 \end{array}$ ; 2)  $\text{Ø20} \begin{array}{c} +0,013 \\ 0 \\ +0,031 \\ +0,022 \end{array}$ ; 3)  $\text{Ø40} \begin{array}{c} -0,060 \\ -0,099 \\ 0 \\ -0,039 \end{array}$ ; 4)  $\text{Ø600} \begin{array}{c} +0,110 \\ 0 \\ +0,520 \\ +0,450 \end{array}$ ;
- 5)  $\text{Ø710} \begin{array}{c} -0,175 \\ -0,255 \\ 0 \\ -0,080 \end{array}$ ; 6)  $\text{Ø950} \begin{array}{c} +0,230 \\ 0 \\ +1,440 \\ +1,300 \end{array}$ ; 7)  $\text{Ø200} \begin{array}{c} -0,157 \\ -0,186 \\ 0 \\ -0,020 \end{array}$ ; 8)  $\text{Ø82} \begin{array}{c} +0,054 \\ 0 \\ +0,312 \\ +0,258 \end{array}$ ;
- 9)  $\text{Ø105} \begin{array}{c} -0,041 \\ -0,076 \\ 0 \\ -0,022 \end{array}$ ; 10)  $\text{Ø135} \begin{array}{c} +0,025 \\ 0 \\ +0,110 \\ +0,092 \end{array}$ ; 11)  $\text{Ø120} \begin{array}{c} +0,035 \\ 0 \\ -0,120 \\ -0,340 \end{array}$ ; 12)  $\text{Ø52} \begin{array}{c} \pm 0,037 \\ -0,100 \\ -0,174 \end{array}$ ;

$$\begin{aligned}
& 13) \varnothing 180 \begin{array}{c} +0,040 \\ 0 \\ +0,133 \\ +0,180 \end{array}; \quad 14) \varnothing 140 \begin{array}{c} -0,085 \\ -0,125 \\ 0 \\ -0,025 \end{array}; \quad 15) \varnothing 30 \begin{array}{c} +0,013 \\ 0 \\ +0,031 \\ +0,022 \end{array}; \quad 16) \varnothing 60 \begin{array}{c} -0,060 \\ -0,099 \\ 0 \\ -0,039 \end{array}; \\
& 17) \varnothing 300 \begin{array}{c} +0,110 \\ 0 \\ +0,520 \\ +0,450 \end{array}; \quad 18) \varnothing 510 \begin{array}{c} -0,175 \\ -0,255 \\ 0 \\ -0,080 \end{array}; \quad 19) \varnothing 550 \begin{array}{c} +0,230 \\ 0 \\ +1,440 \\ +1,300 \end{array}; \quad 20) \varnothing 180 \begin{array}{c} -0,157 \\ -0,186 \\ 0 \\ -0,020 \end{array}; \quad 21) \\
& \varnothing 82 \begin{array}{c} +0,054 \\ 0 \\ +0,312 \\ +0,258 \end{array}; \quad 22) \varnothing 95 \begin{array}{c} -0,041 \\ -0,076 \\ 0 \\ -0,022 \end{array}; \quad 23) \varnothing 115 \begin{array}{c} +0,025 \\ 0 \\ +0,110 \\ +0,092 \end{array}; \quad 24) \varnothing 90 \begin{array}{c} +0,035 \\ 0 \\ -0,120 \\ -0,340 \end{array}; \\
& 25) \varnothing 70 \begin{array}{c} \pm 0,037 \\ -0,100 \\ -0,174 \end{array}; \quad 26) \varnothing 160 \begin{array}{c} -0,085 \\ -0,125 \\ 0 \\ -0,025 \end{array}; \quad 27) \varnothing 20 \begin{array}{c} +0,013 \\ 0 \\ +0,031 \\ +0,022 \end{array}; \quad 28) \varnothing 40 \begin{array}{c} -0,060 \\ -0,099 \\ 0 \\ -0,039 \end{array}; \\
& 29) \varnothing 600 \begin{array}{c} +0,110 \\ 0 \\ +0,520 \\ +0,450 \end{array}; \quad 30) \varnothing 710 \begin{array}{c} -0,175 \\ -0,255 \\ 0 \\ -0,080 \end{array}; \quad 31) \varnothing 950 \begin{array}{c} +0,230 \\ 0 \\ +1,440 \\ +1,300 \end{array}; \quad 32) \varnothing 200 \begin{array}{c} -0,157 \\ -0,186 \\ 0 \\ -0,020 \end{array}; \\
& 33) \varnothing 82 \begin{array}{c} +0,054 \\ 0 \\ +0,312 \\ +0,258 \end{array}; \quad 34) \varnothing 105 \begin{array}{c} -0,041 \\ -0,076 \\ 0 \\ -0,022 \end{array}; \quad 35) \varnothing 135 \begin{array}{c} +0,025 \\ 0 \\ +0,110 \\ +0,092 \end{array}; \quad 36) \varnothing 120 \begin{array}{c} +0,035 \\ 0 \\ -0,120 \\ -0,340 \end{array}; \quad 37) \\
& \varnothing 52 \begin{array}{c} \pm 0,037 \\ -0,100 \\ -0,174 \end{array}; \quad 38) \varnothing 180 \begin{array}{c} +0,040 \\ 0 \\ +0,133 \\ +0,180 \end{array}; \quad 39) \varnothing 140 \begin{array}{c} -0,085 \\ -0,125 \\ 0 \\ -0,025 \end{array}; \quad 40) \varnothing 30 \begin{array}{c} +0,013 \\ 0 \\ +0,031 \\ +0,022 \end{array}.
\end{aligned}$$

Приклад. Дано посадку з натягом  $\varnothing 40 \begin{array}{c} -0,060 \\ -0,099 \\ -0,039 \end{array}$ .

Визначити граничні відхили, розміри і натяги; допуски отвору, вала і посадки; середні відхили і середній натяг; накреслити схему розташування полів допусків з'єднання.

*Розв'язання.* Знаходимо номінальний розмір і відхили:  $D=40$  мм; відхили отвору  $ES=-0,060$  мм,  $EI=-0,099$  мм; відхили вала  $es=0$ ,  $ei=-0,039$  мм.

Граничні розміри визначаємо за формулами:

$$D_{\min} = D + EI = 40 + (-0,099) = 39,901 \text{ мм};$$

$$D_{\max} = D + ES = 40 + (-0,060) = 39,940 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = D + ei = 40 + (-0,039) = 39,961 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = D + es = 40 + 0 = 40,000 \text{ мм}.$$

Допуски отвору і вала знаходимо за формулою:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 39,940 - 39,901 = 0,039 \text{ мм};$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 40,000 - 39,961 = 0,039 \text{ мм}$$

або  $TD = ES - EI = -0,060 - (-0,099) = 0,039$  мм;

$Td = es - ei = 0 - (-0,039) = 0,039$  мм.

Граничні натяги знаходимо за формулами:

$N_{\min} = ei - ES = -0,039 - (-0,060) = 0,021$  мм;

$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,099) = 0,099$  мм.

Граничні натяги можна визначити за граничними розмірами:

$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 39,961 - 39,940 = 0,021$  мм;

$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 40,000 - 39,901 = 0,099$  мм.

Допуск посадки знаходимо за формулою:

$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,099 - 0,021 = 0,078$  мм або

$TN = TD + Td = 0,039 + 0,039 = 0,078$  мм.

Середні відхили визначаємо за формулами:

$E_{\text{сер}} = \frac{ES + EI}{2} = \frac{-0,060 + (-0,099)}{2} = -0,078$  мм;

$e_{\text{сер}} = \frac{es + ei}{2} = \frac{0 + (-0,039)}{2} = -0,019$  мм.

Середній натяг знаходимо за формулою:

$N_{\text{сер}} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{0,021 + 0,099}{2} = 0,060$  мм.

Схему розташування полів допусків з'єднання наведено на рис. 1.1.

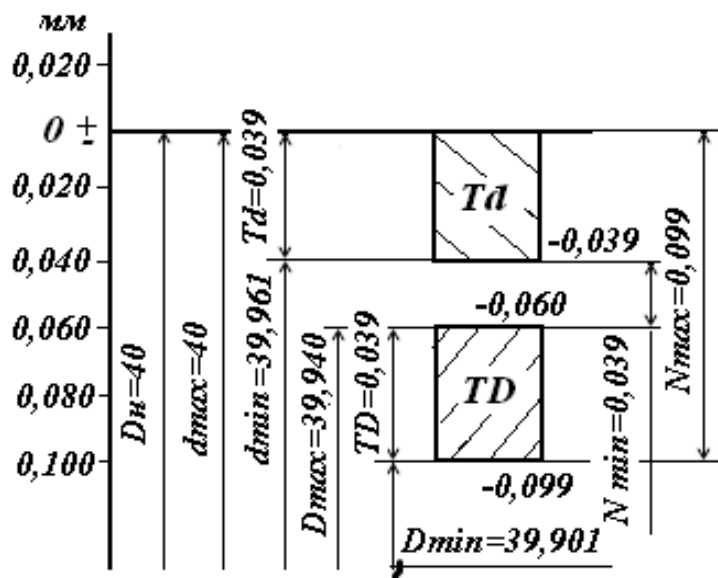


Рис. 1.1. Схема розташування полів допусків з'єднання  $\varnothing 40 \begin{matrix} -0,060 \\ -0,099 \\ -0,039 \end{matrix}$ .

### Практична робота 3. Розрахунок параметрів перехідній посадки

Визначити граничні відхили, граничні розміри і зазори; допуски: отвору, вала, посадки; середні відхили і середні зазори.

Накреслити схему розташування полів допусків в масштабі.

Варіанти завдань наведено нижче.

$$1) \varnothing 6 \begin{array}{c} +0,005 \\ 0 \\ +0,005 \\ +0,001 \end{array}; 2) \varnothing 10 \begin{array}{c} -0,004 \\ -0,010 \\ 0 \\ -0,004 \end{array}; 3) \varnothing 50 \begin{array}{c} +0,007 \\ -0,018 \\ 0 \\ -0,016 \end{array}; 4) \varnothing 30 \begin{array}{c} +0,009 \\ 0 \\ \pm 0,016 \end{array}; 5) \varnothing 75 \begin{array}{c} +0,046 \\ 0 \\ +0,050 \\ +0,020 \end{array};$$

$$6) \varnothing 100 \begin{array}{c} -0,010 \\ -0,045 \\ 0 \\ -0,022 \end{array}; 7) \varnothing 175 \begin{array}{c} +0,025 \\ 0 \\ +0,033 \\ +0,015 \end{array}; 8) \varnothing 240 \begin{array}{c} +0,022 \\ -0,050 \\ 0 \\ -0,046 \end{array}; 9) \varnothing 260 \begin{array}{c} +0,052 \\ 0 \\ +0,052 \\ +0,020 \end{array};$$

$$10) \varnothing 350 \begin{array}{c} \pm 0,018 \\ 0 \\ -0,036 \end{array}; 11) \varnothing 60 \begin{array}{c} +0,030 \\ 0 \\ +0,021 \\ +0,002 \end{array}; 12) \varnothing 315 \begin{array}{c} +0,0562 \\ 0 \\ +0,066 \\ +0,034 \end{array}; 13) \varnothing 26 \begin{array}{c} +0,005 \\ 0 \\ +0,005 \\ +0,001 \end{array};$$

$$14) \varnothing 30 \begin{array}{c} -0,004 \\ -0,010 \\ 0 \\ -0,004 \end{array}; 15) \varnothing 60 \begin{array}{c} +0,007 \\ -0,018 \\ 0 \\ -0,016 \end{array}; 16) \varnothing 50 \begin{array}{c} +0,009 \\ 0 \\ \pm 0,016 \end{array}; 17) \varnothing 85 \begin{array}{c} +0,046 \\ 0 \\ +0,050 \\ +0,020 \end{array};$$

$$18) \varnothing 120 \begin{array}{c} -0,010 \\ -0,045 \\ 0 \\ -0,022 \end{array}; 19) \varnothing 75 \begin{array}{c} +0,025 \\ 0 \\ +0,033 \\ +0,015 \end{array}; 20) \varnothing 200 \begin{array}{c} +0,022 \\ -0,050 \\ 0 \\ -0,046 \end{array}; 21) \varnothing 220 \begin{array}{c} +0,052 \\ 0 \\ +0,052 \\ +0,020 \end{array};$$

$$22) \varnothing 310 \begin{array}{c} \pm 0,018 \\ 0 \\ -0,036 \end{array}; 23) \varnothing 80 \begin{array}{c} +0,030 \\ 0 \\ +0,021 \\ +0,002 \end{array}; 24) \varnothing 215 \begin{array}{c} +0,056 \\ 0 \\ +0,066 \\ +0,034 \end{array}; 25) \varnothing 46 \begin{array}{c} +0,005 \\ 0 \\ +0,005 \\ +0,001 \end{array}.$$

$$26) \varnothing 10 \begin{array}{c} +0,005 \\ 0 \\ +0,005 \\ +0,001 \end{array}; 27) \varnothing 20 \begin{array}{c} -0,004 \\ -0,010 \\ 0 \\ -0,004 \end{array}; 28) \varnothing 60 \begin{array}{c} +0,007 \\ -0,018 \\ 0 \\ -0,016 \end{array}; 29) \varnothing 40 \begin{array}{c} +0,009 \\ 0 \\ \pm 0,016 \end{array};$$

$$30) \varnothing 85 \begin{array}{c} +0,046 \\ 0 \\ +0,050 \\ +0,020 \end{array}; 31) \varnothing 120 \begin{array}{c} -0,010 \\ -0,045 \\ 0 \\ -0,022 \end{array}; 32) \varnothing 190 \begin{array}{c} +0,025 \\ 0 \\ +0,033 \\ +0,015 \end{array}; 33) \varnothing 200 \begin{array}{c} +0,022 \\ -0,050 \\ 0 \\ -0,046 \end{array};$$

$$34) \varnothing 220 \begin{array}{c} +0,052 \\ 0 \\ +0,052 \\ +0,020 \end{array}; 35) \varnothing 300 \begin{array}{c} \pm 0,018 \\ 0 \\ -0,036 \end{array}; 36) \varnothing 70 \begin{array}{c} +0,030 \\ 0 \\ +0,021 \\ +0,002 \end{array}; 37) \varnothing 215 \begin{array}{c} +0,0562 \\ 0 \\ +0,066 \\ +0,034 \end{array};$$

$$38) \varnothing 36 \begin{array}{c} +0,005 \\ 0 \\ +0,005 \\ +0,001 \end{array}; 39) \varnothing 50 \begin{array}{c} -0,004 \\ -0,010 \\ 0 \\ -0,004 \end{array}; 40) \varnothing 80 \begin{array}{c} +0,007 \\ -0,018 \\ 0 \\ -0,016 \end{array}$$

Приклад. Дано перехідну посадку  $\varnothing 100 \begin{array}{c} -0,010 \\ -0,045 \\ 0 \\ -0,022 \end{array}$ .

*Розв'язання.* Знаходимо номінальний розмір і відхили:  $D=100$  мм; відхили отвору  $ES=-0,010$  мм,  $EI=-0,045$  мм; відхили вала  $es=0$ ,  $ei=-0,022$  мм.

Граничні розміри визначаємо за формулами:



$$D_{\max} = D + ES = 100 + (-0,010) = 99,990 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 100 + (-0,045) = 99,955 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = D + es = 100 + 0 = 100,000 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = D + ei = 100 + (-0,022) = 99,978 \text{ мм}.$$

Допуски отвору і вала знаходимо за формулою:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 99,990 - 99,955 = 0,035 \text{ мм};$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 100,000 - 99,978 = 0,022 \text{ мм}$$

$$\text{або } TD = ES - EI = -0,010 - (-0,045) = 0,035 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = 0 - (-0,022) = 0,022 \text{ мм}.$$

За формулами знаходимо граничні зазор і натяг:

$$S_{\max} = ES - ei = -0,010 - (-0,022) = 0,012 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,045) = 0,045 \text{ мм}.$$

$$S_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = 99,990 - 99,978 = 0,012 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = d_{\max} - D_{\min} = 100,000 - 99,955 = 0,045 \text{ мм}.$$

Допуск посадки знаходимо за формулою (2.12):

$$T(S, N) = S_{\max} + N_{\max} = 0,012 + 0,045 = 0,057 \text{ мм}$$

$$\text{або } T(S, N) = TD + Td = 0,035 + 0,022 = 0,057 \text{ мм}.$$

Середні відхили визначаємо за формулами:

$$E_{\text{сеп}} = [-0,010 + (-0,045)]/2 = -0,0275 \text{ мм};$$

$$e_{\text{сеп}} = [0 + (-0,022)]/2 = -0,011 \text{ мм}.$$

Середній натяг знаходимо за формулою:

$$N_{\text{сеп}} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{-0,012 + 0,045}{2} = 0,0165 \text{ мм}.$$

$$N_{\min} = -S_{\max}.$$

Схему розташування полів допусків з'єднання (спрощену) наведено на рис.

3.1.



$$d_{\max} = D + es = 46 + 0 = 46,000 \text{ мм.}$$

Допуски отвору і вала:

$$TD = ES - EI = 0,150 - 0,050 = 0,100 \text{ мм;}$$

$$Td = es - ei = 0 - (-0,062) = 0,062 \text{ мм.}$$

Граничні зазори підраховуємо за формулами:

$$S_{\max} = ES - ei = 0,150 - (-0,062) = 0,212 \text{ мм;}$$

$$S_{\min} = EI - es = 0,050 - 0 = 0,050 \text{ мм.}$$

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,212 - 0,050 = 0,162 \text{ мм.}$$

Перевірочна формула:

$$TS = TD + Td = 0,10 + 0,062 = 0,162 \text{ мм.}$$

3. Накреслити: схему розташування полів допусків з'єднання; ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів.

Схема розташування полів допусків деталей з'єднання дана на рис. 4.1.

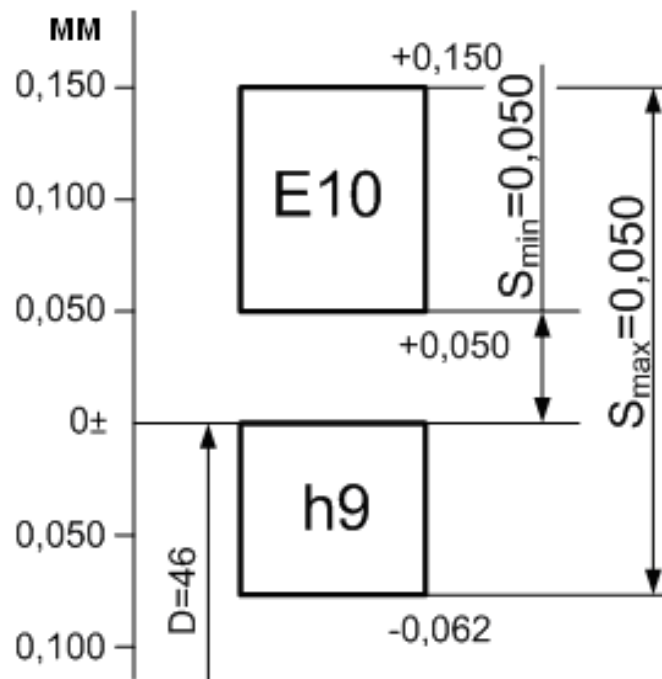


Рис. 4.1. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання Ø46E10/h9

Ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів наведено на рис. 4.2.

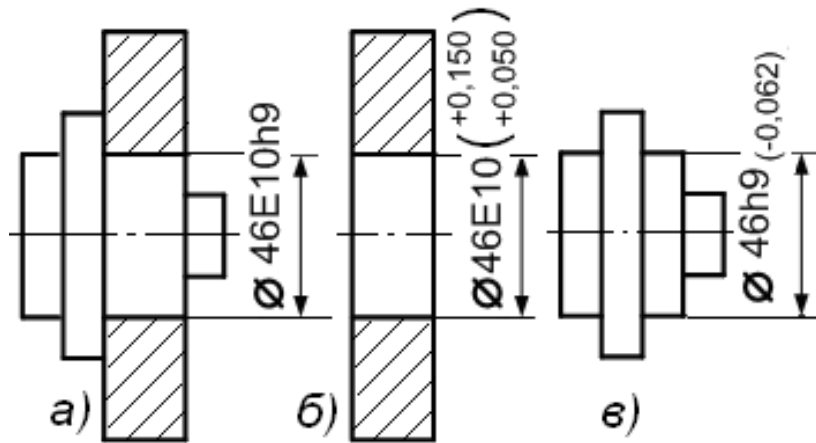


Рис. 4.2. Ескізи з'єднання (а), отвору (б) і вала (в)

Таблиця 4.1. Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення

Номер варіанту	Посадка	Номер варіанту	Посадка	Номер варіанту	Посадка
1	2	3	4	5	6
1	Ø12H7/g6	14	Ø40H8/h7	27	Ø96H8/e7
2	Ø30D8/h7	15	Ø16H7/f6	28	Ø128H7/h6
3	Ø54H8/s7	16	Ø125H7/h6	29	Ø160H7/f6
4	Ø18H7/h6	17	Ø14H8/f7	30	Ø9H9/f8
5	Ø160H8/h8	18	Ø100H9/h8	31	Ø6H8/g6
6	Ø10H8/r7	19	Ø80H7/g6	32	Ø15F7/h6
7	Ø180H8/h7	20	Ø170H8/f7	33	Ø7H7/f6
8	Ø8H7/d7	21	Ø145H7/g6	34	Ø27H7/h6
9	Ø65D9/h8	22	Ø14G9/h8	35	Ø17H8/c8
10	Ø36H8/f7	23	Ø28H6/h7	36	Ø39H7/f6
11	Ø130H7/g6	24	Ø48D8/h7	37	Ø58H9/e8
12	Ø28H7/f6	25	Ø66H7/f6	38	Ø78H8/f7
13	Ø75E9/h8	26	Ø90H7/g6	39	Ø86H9/d8

## Числові значення допусків за ДСТУ 2500-94, вибірка

Інтервали номінальних розмірів, мм, (понад – до)	Квалітет																	
	МКМ									ММ								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18				
До 3 включно	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	1,00	1,40				
3 - 6	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	1,20	1,80				
6 - 10	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	1,50	2,50				
10 - 18	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,80	2,70				
18 - 30	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	2,10	3,30				
30 - 50	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	2,50	3,90				
50 - 80	8	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	3,00	4,60				
80 - 120	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	3,50	5,40				
120 - 180	12	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	4,00	6,30				
180 - 250	14	20	29	46	72	115	1850	290	0,46	0,72	1,15	1,85	5,20	7,20				
250 - 315	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	5,70	8,10				
315 - 400	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,230	6,30	8,90				
400 - 500	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55,	2,50	7,00	9,70				
500 - 630	22	30	44	70	110	175	280	440	0,70	1,10	1,75	2,80	8,00	11,0				
630 - 800	25	33	50	80	125	200	320	500	0,80	1,25	2,00	3,20	9,00	12,5				
800 - 1000	29	40	56	90	140	230	360	560	1,05	1,40	2,30	3,60	10,5	14,0				
1000 - 1250	34	46	66	105	165	260	420	660	1,25	1,65	2,60	4,20	12,5	16,5				
1250 - 1600	40	54	73	125	195	310	500	780	1,50	1,95	3,10	5,00	15,0	19,5				
1600 - 2000	43	65	92	150	230	370	600	920	1,75	2,30	3,70	6,00	17,5	23,0				
2000 - 2500	57	77	110	175	280	440	700	1100	2,10	2,80	4,40	7,00	21,0	28,0				

Таблиця 4.3. Граничні відхили отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34 +16	+24 +6	+18 0	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—
14 – 18											
18 – 24	+41 +20	+28 +7	+21 0	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-20 -41	-27 -48	— -33 -54
24 – 30											
30 – 40	+50 +25	+3 -9	+25 0	+12 -12	+1 -18	0 -25	-8 -33	-17 -44	-25 -50	-34 -59	-39 -64 -45 -70
40 – 50											
50 – 65	+60 +30	+40 +10	+30 0	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85 -64 -94
65 – 80											
80 – 100	+71 +36	+47 +12	+35 0	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113 -91 -126
100 – 120											
120 – 140	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-48 -88	-77 -117	-107 -147 -119 -159 -131 -171
140 – 160											
160 – 180											
180 – 200	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-60 -106	-105 -151	-149 -195 -163 -209 -179 - 225
200 – 225											
225 – 250											
250 – 280	+108 +56	+69 +17	+52 0	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88	-74 -126	-138 -190	-198 -250 -220 -272
280 – 315											
315 – 355	+119 -62	+75 +18	+57 0	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-87 -144	-169 -226	-247 -304 -273 -330
355 – 400											
400 – 450	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-103 -166	-209 -272	-307 -370 -337 -400
450 – 500											

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	JS9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+4 0	+7 -7	0 -11	-	-1 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12
Понад 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+22 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15
6 – 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18
10 – 14	+77 +50	+49 +32	+43 +16	+27 0	+13 -13	+8 -19	+2 -25	-3 -30	-33 -60	+93 +50	+75 +32	+59 +16	+43 0	+21 -21
14 – 18														
18 – 24	+98 +65	+73 +40	+53 +20	+33 0	+16 -16	+10 -23	+4 -29	-3 -36	-11 -74 -48 -81	+117 +65	+92 +40	+72 +20	+52 0	+26 -26
24 – 30														
30 – 40	+119 +80	+89 +50	+61 +25	+39 0	+19 -19	+12 -27	+5 -34	-3 -42	-60 -99 -70 -109	+142 +80	+112 +50	+87 +25	+62 0	+31 -31
40 – 50														
50 – 65	+146 +100	+106 +60	+76 +30	+46 0	+23 -23	+14 -32	+5 -41	-4 -50	-87 -133 -102 -148	+174 +100	+131 +60	+104 +30	+74 0	+37 -37
65 – 80														
80 – 100	+174 +120	+126 +72	+90 +36	+54 0	+27 127	+16 -38	+6 -48	-4 -58	-124 -178 -144 -198	+207 +120	+159 +72	+123 +36	+87 0	+43 -43
100 – 120														
120 – 140									-170 -233					
140 – 160	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	-190 -253	+245 +145	+165 +85	+143 +43	+100 0	+50 -50
160 – 180									-210 -273					
180 – 200									-236 -308					
200 – 226	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	-258 -330 -284 -356	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+57 -57
225 – 250														
250 – 280	+271 +190	+191 +110	+137 +56	+81 0	+40 -40	+25 -56	+9 -72	-5 -86	-315 -396 -350 -431	+320 +190	+240 +110	+186 +56	+130 0	+65 -65
280 – 315														
315 – 355	+299 +210	+214 +125	+151 +62	+89 0	+44 -44	+28 -61	+11 -78	-5 -94	-390 -479 -435 -521	+350 +210	+265 +125	+202 +62	+140 0	+70 -70
355 – 400														
400 – 450	+327 +230	+232 +135	+165 +68	+97 0	+48 -48	+29 -68	+11 -86	-6 -103	-490 -587 -540 -637	+385 +230	+290 +135	+223 +68	+155 0	+77 -77
450 – 500														

Таблиця 4.4. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	—6 —12	—2 —8	0 —6	+3,0 —3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	—10 —18	—4 —12	0 —8	+4,0 —4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	—13 —22	—5 —14	0 —9	+4,5 —4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	—16 —27	—6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18		—17	—11	—5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	—20 —33	—7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30		—20	—13	—6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	
30 – 40	—25 —41	—9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64
40 – 50		—25	—16	—8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+48
50 – 65	—30 —49	—10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60	+72	+85
65 – 80		—29	—19	—9,5	+2	+11	+20	+32	+41	+53	+66
80 – 100	—36 —58	—12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+113
100 – 120		—34	—22	—11,0	+3	+13	+23	+37	+51	+71	+91
120 – 140	—43 —68	—14 —39	0 —25	+12,5 —12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+88	+117	+147
140 – 160									+63	+92	+122
									+90	+125	+159
160 – 180									+65	+100	+134
180 – 200	—50 —79	—15 —44	0 —29	+14,5 —14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+93	+133	+171
200 – 225									+68	+108	+146
									+106	+151	+195
225 – 250									+77	+122	+166
250 – 280	—56 —88	—17 —49	0 —32	+16,0 —16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126	+190	+250
280 – 315									+94	+158	+218
315 – 355	—62 —98	—18 —54	0 —36	+18,0 —18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+130	+202	+272
355 – 400									+98	+170	+240
400 – 450	—68 —108	—20 —60	0 —40	+20,0 —20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+144	+226	+304
450 – 500									+106	+190	+268
									+150	+244	+330
									+114	+208	+294
									+166	+272	+370
									+126	+232	+330
									+172	+292	+400
									+132	+252	+360



Продовження табл. 4.4

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14	-6	0	+5	10	—	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	—	+4	+14	+18
Понад 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+41	+4	+8	+19	+23
6 – 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+2t
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
14 – 18	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
24 – 30	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
40 – 50	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
65 – 80	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
100 – 120	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
120 – 140	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
140 – 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
160 – 180	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
180 – 200	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
200 – 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+122	+236
225 – 250	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+122	+236
250 – 280	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+176	+304
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+130	+258
280 – 315	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+176	+304
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+130	+258
315 – 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+186	+380
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+140	+284
355 – 400	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+186	+380
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+140	+284
400 – 450	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500									

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхили, мкм													
Від 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	—	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Понад 3 до 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+40	+50	-50	-32	-16	0	+21
	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72	+87	-93	-75	-59	-43	-21
14 – 18								+67	+77					
								+40	+50					
18 – 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	+73	-117	-92	-72	-52	-26
24 – 30							+81	+97	+121					
							+48	+64	+88					
30 – 40	-120						+99	+119	+151					
	-159	-80	-50	-25	0	+19	+60	+80	+112	-80	-50	-25	0	+31
40 – 50	-130	-119	-89	-64	-39	-19	+109	+136	+175	-142	-112	-87	-62	-31
	-169						+70	+97	+136					
50 – 65	-140						+133	+168	+218					
	-186	-100	-60	-30	0	+23	+87	+122	+172	-100	-60	-30	0	+37
65 – 80	-150	-146	-106	-76	-46	-23	+148	+192	+256	-174	-134	-104	-74	-37
	-196						+102	+146	+210					
80 – 100	-170						+178	+232	+312					
	-224	-120	-72	-36	0	+27	+124	+178	+258	-120	-72	-36	0	+43
100 – 120	-180	-174	-126	-90	-54	-27	+198	+264	+364	-207	-159	-123	-87	-43
	-234						+144	+210	+310					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
	-263						+170	+248	+365					
140 – 160	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	+478	-145	-85	-43	0	+50
	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	+415	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
180 – 200	-240						+308	+422	+592					
	-312						+236	+350	+520					
200 – 225	-230	-170	-100	-50	0	+36	+330	+457	+647	-170	-100	-50	0	+57
	-332	-242	-172	-122	-72	-36	+258	+385	+575	-285	-215	-165	-115	-57
225 – 250	-280						+356	+497	+712					
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300						+396	+556	+791					
	-381	-190	-110	-56	0	+40	+315	+475	+710	-190	-110	-56	0	+65
280 – 315	-330	-271	-191	-137	-81	-40	+431	+606	+871	-320	-240	-486	-130	-65
	-411						+350	+525	+790					
315 – 355	-360						+479	+679	+989					
	-449	-210	-125	-62	0	+44	+390	+390	+900	-210	-125	-62	0	+70
355 – 400	-400	-299	-214	-151	-89	-44	+524	+749	+1089	-350	-265	-302	-140	-70
	-489						+435	+660	+1000					
400 – 450	-440						+587	+837	+1197					
	-537	-230	-135	-68	0	+48	+490	+740	+1100	-230	-135	-68	0	+77
450 – 500	-480	-327	-232	-165	-97	-48	+637	+917	+1347	-385	-290	-223	-155	-77
	-577						+540	+820	+1250					

## Практична робота 5. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань. Посадка з натягом

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань.
2. Визначити: граничні розміри отвору і вала, граничні зазори, допуск посадки, перевірити правильність розрахунку допуску посадки.
3. Накреслити: схему розташування полів допусків з'єднання; ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів

Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення (задача 5) наведено в табл. 1.

Задано з'єднання  $\varnothing 90\text{T}7/\text{h}6$ . Посадка в системі вала з натягом.

За номінальним розміром з'єднання  $D = 90$  мм і полями допусків отвору і вала визначаємо граничні відхилення отвору і вала (табл. 5.3 і табл. 5.4):

$\varnothing 90\text{T}7$ :  $EI = -113$  мкм  $= -0,113$  мм,  $ES = -78$  мкм  $= -0,078$  мм;

$\varnothing 90\text{h}6$ :  $es = 0$  мкм,  $ei = -22$  мкм  $= -0,022$  мм.

Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:  $D_{\min} = D + EI = 90 + (-0,113) = 89,887$  мм;

$D_{\max} = D + ES = 90 + (-0,078) = 89,922$  мм;

$d_{\min} = D + ei = 90 + (-0,022) = 89,978$  мм;

$d_{\max} = D + es = 90 + 0 = 90,000$  мм.

Допуски отвору і вала:

$TD = ES - EI = -0,078 - (-0,113) = 0,035$  мм;

$Td = es - ei = 0 - (-0,022) = 0,022$  мм.

Граничні натяги підраховуємо за формулами:

$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,113) = 0,113$  мм;

$N_{\min} = ei - ES = -0,022 - (-0,078) = 0,056$  мм.

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,113 - 0,056 = 0,057$  мм.

Перевірочна формула:

$TN = TD + Td = 0,035 + 0,022 = 0,057$  мм.

Схема розташування полів допусків деталей з'єднання дана на рис. 5.1.

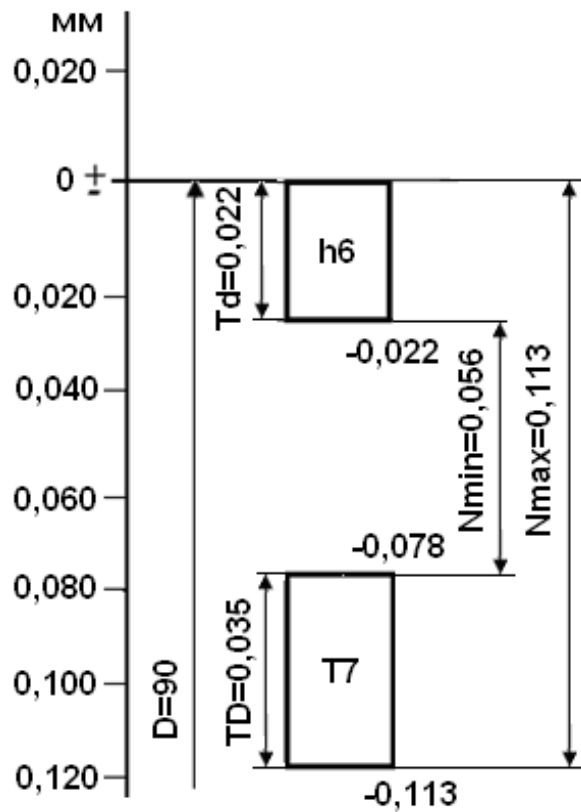


Рис. 5.1. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання  $\varnothing 90T7/h6$

Таблиця 5.1. Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення

Номер варіанту	Посадка	Номер варіанту	Посадка	Номер варіанту	Посадка
1	2	3	4	5	6
1	$\varnothing 12H7/s6$	14	$\varnothing 40H8/s7$	27	$\varnothing 96H7/r610$
2	$\varnothing 30H8/u7$	15	$\varnothing 16H7/s6$	28	$\varnothing 128S7/h6$
3	$\varnothing 54H8/s7$	16	$\varnothing 125P7/h6$	29	$\varnothing 160H7/s6$
4	$\varnothing 18H7/t6$	17	$\varnothing 14H8/u7$	30	$\varnothing 9R7/h8$
5	$\varnothing 160H9/u7$	18	$\varnothing 100R7/h7$	31	$\varnothing 6H9/u7$
6	$\varnothing 10H8/s7$	19	$\varnothing 8S7/h6$	32	$\varnothing 15S7/h6$
7	$\varnothing 180P7/h6$	20	$\varnothing 170S7/h7$	33	$\varnothing 7H7/s6$
8	$\varnothing 8R7/h6$	21	$\varnothing 145H7/s6$	34	$\varnothing 27T7/h6$
9	$\varnothing 65S7/h7$	22	$\varnothing 14T7/h7$	35	$\varnothing 17H9/s7$
10	$\varnothing 36H8/u7$	23	$\varnothing 28H7/t6$	36	$\varnothing 39S7/h6$
11	$\varnothing 130T7/h6$	24	$\varnothing 48P7/h6$	37	$\varnothing 58H7/t6$
12	$\varnothing 28H7/s6$	25	$\varnothing 66H7/t6$	38	$\varnothing 78P7/h7$
13	$\varnothing 75T7/h7$	26	$\varnothing 90T7/h6$	39	$\varnothing 86R7/h6$

Таблиця 5.2. Граничні відхили отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34 +16	+24 +6	+18 0	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—
14 – 18											
18 – 24	+41 +20	+28 +7	+21 0	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-20 -41	-27 -48	— -33 -54
24 – 30											
30 – 40	+50 +25	+3 -9	+25 0	+12 -12	+1 -18	0 -25	-8 -33	-17 -44	-25 -50	-34 -59	-39 -64 -45 -70
40 – 50											
50 – 65	+60 +30	+40 +10	+30 0	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85
65 – 80									-32 -62	-48 -78	-64 -94
80 – 100	+71 +36	+47 +12	+35 0	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113
100 – 120									-41 -76	-66 -101	-91 -126
120 – 140	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-48 -88	-77 -117	-107 -147
140 – 160									-50 -90	-85 -125	-119 -159
160 – 180									-53 -93	-93 -133	-131 -171
180 – 200	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-60 -106	-105 -151	-149 -195
200 – 225									-63 -109	-113 -159	-163 -209
225 – 250									-67 -113	-123 -169	-179 -225
250 – 280	+108 +56	+69 +17	+52 0	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88	-74 -126	-138 -190	-198 -250
280 – 315									-78 -130	-150 -202	-220 -272
315 – 355	+119 -62	+75 +18	+57 0	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-87 -144	-169 -226	-247 -304
355 – 400									-93 -150	-187 -244	-273 -330
400 – 450	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-103 -166	-209 -272	-307 -370
450 – 500									-109 -172	-229 -292	-337 -400

Продовження табл. 5.2

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	JS9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+4 0	+7 -7	0 -11	-	-1 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12
Понад 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+22 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15
6 – 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18
10 – 14	+77	459	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
14 – 18	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
18 – 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-11 -74	+117	+92	+72	+52	+26
24 – 30	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-48 -81	+65	+40	+20	0	-26
30 – 40	+119	+89	+61	+39	+19	+12	+5	-3	-60 -99	+142	+112	+87	+62	+31
40 – 50	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-70 -109	+80	+50	+25	0	-31
50 – 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87 -133	+174	+131	+104	+74	+37
65 – 80	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-102 -148	+100	+60	+30	0	-37
80 – 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-124 -178	+207	+159	+123	+87	+43
100 – 120	+120	+72	+36	0	127	-38	-48	-58	-144 -198	+120	+72	+36	0	-43
120 – 140									-170 -233					
140 – 160	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	-190 -253	+245 +145	+165 +85	+143 +43	+100 0	+50 -50
160 – 180									-210 -273					
180 – 200									-236 -308					
200 – 226	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	-258 -330	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+57 -57
225 – 250									-284 -356					
250 – 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315 -396	+320	+240	+186	+130	+65
280 – 315	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-350 -431	+190	+110	+56	0	-65
315 – 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390 -479	+350	+265	+202	+140	+70
355 – 400	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-435 -521	+210	+125	+62	0	-70
400 – 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-490 -587	+385	+290	+223	+155	+77
450 – 500	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-540 -637	+230	+135	+68	0	-77

Таблиця 5.3. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	—6 —12	—2 —8	0 —6	+3,0 —3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	—10 —18	—4 —12	0 —8	+4,0 —4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	—13 —22	—5 —14	0 —9	+4,5 —4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	—16 —27	—6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18		—17	—11	—5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	—20 —33	—7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30		—20	—13	—6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	
30 – 40	—25 —41	—9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
40 – 50		—25	—16	—8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
50 – 65	—30 —49	—10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
65 – 80		—29	—19	—9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
80 – 100	—36 —58	—12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
100 – 120		—34	—22	—11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
120 – 140	—43 —68	—14 —39	0 —25	+12,5 —12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+88	+117	+147
140 – 160									+63	+92	+122
									+90	+125	+159
									+65	+100	+134
160 – 180	+93	+133	+171								
180 – 200	+68	+108	+146								
180 – 200	—50 —79	—15 —44	0 —29	+14,5 —14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106	+151	+195
200 – 225									+77	+122	+166
									+109	+159	+209
									+80	+130	+180
225 – 250	+113	+169	+225								
250 – 280	+84	+140	+196								
250 – 280	—56 —88	—17 —49	0 —32	+16,0 —16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218
280 – 315	+130 +98	+202 +170	+272 +240								
315 – 355	—62 —98	—18 —54	0 —36	+18,0 —18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144	+226	+304
355 – 400									+106	+190	+268
	400 – 450	+150 +114	+244 +208	+330 +294							
400 – 450		—68 —108	—20 —60	0 —40	+20,0 —20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	+272 +232
450 – 500	+172 +132	+292 +252	+400 +360								

Продовження табл. 5.3

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14	-6	0	+5	10	—	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	—	+4	+14	+18
Понад 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+41	+4	+8	+19	+23
6 – 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+2t
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
14 – 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
24 – 30	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
									+69
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
40 – 50	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
									+96
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
65 – 80	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
								+89	+132
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
100 – 120	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
								+114	+179
120 – 140								+132	+210
140 – 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+92	+170
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+140	+230
160 – 180								+100	+190
180 – 200								+148	+250
								+108	+210
200 – 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
225 – 250	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+122	+236
								+176	+304
250 – 280								+130	+258
280 – 315	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+186	+380
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+140	+284
315 – 355								+210	+367
355 – 400	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+158	+315
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+222	+402
400 – 450								+170	+350
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+247	+447
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+190	+390
								+265	+492
								+208	+435
								+296	+553
								+232	+490
								+315	+603
								+252	+540



Продовження табл. 5.3

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхили, мкм													
Від 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	—	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Понад 3 до 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+40	+50	-50	-32	-16	0	+21
	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72	+87	-93	-75	-59	-43	-21
14 – 18								+67	+77					
								+40	+50					
18 – 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	+73	-117	-92	-72	-52	-26
24 – 30							+81	+97	+121					
							+48	+64	+88					
30 – 40	-120						+99	+119	+151					
	-159	-80	-50	-25	0	+19	+60	+80	+112	-80	-50	-25	0	+31
40 – 50	-130	-119	-89	-64	-39	-19	+109	+136	+175	-142	-112	-87	-62	-31
	-169						+70	+97	+136					
50 – 65	-140						+133	+168	+218					
	-186	-100	-60	-30	0	+23	+87	+122	+172	-100	-60	-30	0	+37
65 – 80	-150	-146	-106	-76	-46	-23	+148	+192	+256	-174	-134	-104	-74	-37
	-196						+102	+146	+210					
80 – 100	-170						+178	+232	+312					
	-224	-120	-72	-36	0	+27	+124	+178	+258	-120	-72	-36	0	+43
100 – 120	-180	-174	-126	-90	-54	-27	+198	+264	+364	-207	-159	-123	-87	-43
	-234						+144	+210	+310					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
	-263						+170	+248	+365					
140 – 160	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	+478	-145	-85	-43	0	+50
	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	+415	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
180 – 200	-240						+308	+422	+592					
	-312						+236	+350	+520					
200 – 225	-230	-170	-100	-50	0	+36	+330	+457	+647	-170	-100	-50	0	+57
	-332	-242	-172	-122	-72	-36	+258	+385	+575	-285	-215	-165	-115	-57
225 – 250	-280						+356	+497	+712					
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300						+396	+556	+791					
	-381	-190	-110	-56	0	+40	+315	+475	+710	-190	-110	-56	0	+65
280 – 315	-330	-271	-191	-137	-81	-40	+431	+606	+871	-320	-240	-486	-130	-65
	-411						+350	+525	+790					
315 – 355	-360						+479	+679	+989					
	-449	-210	-125	-62	0	+44	+390	+390	+900	-210	-125	-62	0	+70
355 – 400	-400	-299	-214	-151	-89	-44	+524	+749	+1089	-350	-265	-302	-140	-70
	-489						+435	+660	+1000					
400 – 450	-440						+587	+837	+1197					
	-537	-230	-135	-68	0	+48	+490	+740	+1100	-230	-135	-68	0	+77
450 – 500	-480	-327	-232	-165	-97	-48	+637	+917	+1347	-385	-290	-223	-155	-77
	-577						+540	+820	+1250					

## Практична робота 6. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань. Посадка перехідна

### Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань (табл. 6.1).
2. Визначити: граничні розміри отвору і вала (табл. 6.2 і табл. 6.3), граничні зазори, допуск посадки, перевірити правильність розрахунку допуску посадки.
3. Накреслити: схему розташування полів допусків з'єднання; ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів

Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення (задача 6) наведено в табл. 1.

Задано з'єднання  $\varnothing 170N8/h7$ . Посадка в системи вала посадка перехідна.

За номінальним розміром з'єднання  $D = 170$  мм і посадкою  $\varnothing 170N8/h7$  визначаємо граничні відхилення отвору і вала (табл. 6.2 і табл. 6.3):

$$\varnothing 170N8: ES = -4 \text{ мкм} = -0,004 \text{ мм}, EI = -67 \text{ мкм} = -0,067 \text{ мм};$$

$$\varnothing 170h7: es = 0 \text{ мкм}, ei = -40 \text{ мкм} = -0,040 \text{ мм}.$$

Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

$$D_{\min} = D + EI = 170 + (-0,067) = 169,933 \text{ мм};$$

$$D_{\max} = D + ES = 170 + (-0,004) = 169,996 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = D + ei = 170 + (-0,040) = 169,960 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = D + es = 170 + 0 = 170,000 \text{ мм}.$$

Допуски отвору і вала:

$$TD = ES - EI = -0,004 - (-0,067) = 0,063 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = 0 - (-0,040) = 0,040 \text{ мм}.$$

Граничні зазор і натяг (максимальні) підраховуємо за формулами:

$$S_{\max} = ES - ei = -0,004 - (-0,040) = 0,036 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,067) = 0,067 \text{ мм}.$$

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$T(SN) = S_{\max} + N_{\max} = 0,036 + 0,067 = 0,103 \text{ мм}.$$

Перевірочна формула:

$$T(SN) = TD + Td = 0,063 + 0,040 = 0,103 \text{ мм}.$$

Схема розташування полів допусків деталей з'єднання дана на рис. 6.1.

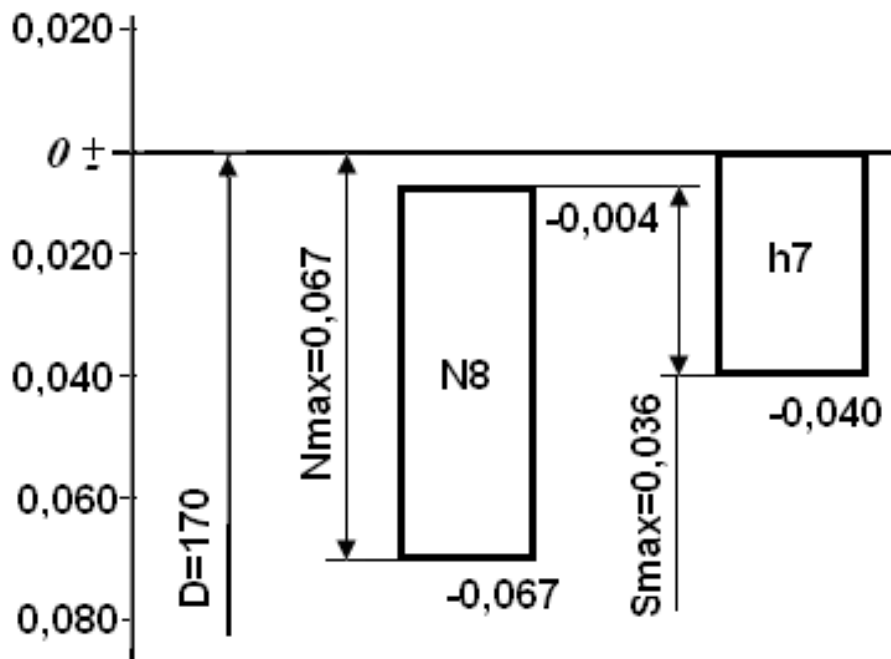


Рис. 6.1. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання  $\varnothing 170N8/h7$

Таблиця 6.1. Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення

Номер варіанту	Посадка	Номер варіанту	Посадка	Номер варіанту	Посадка
1	2	3	4	5	6
1	$\varnothing 12H7/js6$	14	$\varnothing 40K8/h7$	27	$\varnothing 96H8/k7$
2	$\varnothing 30K8/h7$	15	$\varnothing 16H7/k6$	28	$\varnothing 128JS7/h6$
3	$\varnothing 54H8/k7$	16	$\varnothing 125N7/h6$	29	$\varnothing 160H7/m6$
4	$\varnothing 18N7/h6$	17	$\varnothing 14H8/n7$	30	$\varnothing 9M8/h8$
5	$\varnothing 160M9/h8$	18	$\varnothing 100N8/h7$	31	$\varnothing 6H8/js7$
6	$\varnothing 10H8/n7$	19	$\varnothing 8H8/js7$	32	$\varnothing 15K7/h6$
7	$\varnothing 180M8/h7$	20	$\varnothing 170N8/h7$	33	$\varnothing 7H7/js6$
8	$\varnothing 8H8/n7$	21	$\varnothing 145H7/m6$	34	$\varnothing 27K7/h6$
9	$\varnothing 65K8/h7$	22	$\varnothing 14JS8/h8$	35	$\varnothing 17H8m7$
10	$\varnothing 36H8/js7$	23	$\varnothing 28H7/k7$	36	$\varnothing 39K7/h6$
11	$\varnothing 130N7/h6$	24	$\varnothing 48N8/h8$	37	$\varnothing 58H8/n7$
12	$\varnothing 28H7/m6$	25	$\varnothing 66H7/js6$	38	$\varnothing 78M8/h7$
13	$\varnothing 75JS8/h8$	26	$\varnothing 90M7/h6$	39	$\varnothing 86N8/h7$

Таблиця 6.2. Граничні відхили отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34 +16	+24 +6	+18 0	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—
14 – 18											
18 – 24	+41 +20	+28 +7	+21 0	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-20 -41	-27 -48	— -33 -54
24 – 30											
30 – 40	+50 +25	+3 -9	+25 0	+12 -12	+1 -18	0 -25	-8 -33	-17 -44	-25 -50	-34 -59	-39 -64 -45 -70
40 – 50											
50 – 65	+60 +30	+40 +10	+30 0	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85 -64 -94
65 – 80											
80 – 100	+71 +36	+47 +12	+35 0	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113 -91 -126
100 – 120											
120 – 140	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-48 -88	-77 -117	-107 -147 -119 -159 -131 -171
140 – 160											
160 – 180											
180 – 200	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-60 -106	-105 -151	-149 -195 -163 -209 -179 - 225
200 – 225											
225 – 250											
250 – 280	+108 +56	+69 +17	+52 0	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88	-74 -126	-138 -190	-198 -250 -220 -272
280 – 315											
315 – 355	+119 -62	+75 +18	+57 0	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-87 -144	-169 -226	-247 -304 -273 -330
355 – 400											
400 – 450	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-103 -166	-209 -272	-307 -370 -337 -400
450 – 500											

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	JS9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+4 0	+7 -7	0 -11	-	-1 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12
Понад 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+22 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15
6 – 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18
10 – 14	+77	459	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
14 – 18	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
18 – 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-11 -74	+117	+92	+72	+52	+26
24 – 30	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-48 -81	+65	+40	+20	0	-26
30 – 40	+119	+89	+61	+39	+19	+12	+5	-3	-60 -99	+142	+112	+87	+62	+31
40 – 50	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-70 -109	+80	+50	+25	0	-31
50 – 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87 -133	+174	+131	+104	+74	+37
65 – 80	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-102 -148	+100	+60	+30	0	-37
80 – 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-124 -178	+207	+159	+123	+87	+43
100 – 120	+120	+72	+36	0	127	-38	-48	-58	-144 -198	+120	+72	+36	0	-43
120 – 140									-170 -233					
140 – 160	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	-190 -253	+245 +145	+165 +85	+143 +43	+100 0	+50 -50
160 – 180									-210 -273					
180 – 200									-236 -308					
200 – 226	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	-258 -330	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+57 -57
225 – 250									-284 -356					
250 – 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315 -396	+320	+240	+186	+130	+65
280 – 315	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-350 -431	+190	+110	+56	0	-65
315 – 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390 -479	+350	+265	+202	+140	+70
355 – 400	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-435 -521	+210	+125	+62	0	-70
400 – 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-490 -587	+385	+290	+223	+155	+77
450 – 500	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-540 -637	+230	+135	+68	0	-77

Таблиця 6.3. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	—6 —12	—2 —8	0 —6	+3,0 —3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	—10 —18	—4 —12	0 —8	+4,0 —4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	—13 —22	—5 —14	0 —9	+4,5 —4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	—16 —27	—6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18		—17	—11	—5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	—20 —33	—7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30		—20	—13	—6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	
30 – 40	—25 —41	—9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
40 – 50		—25	—16	—8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
50 – 65	—30 —49	—10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
65 – 80		—29	—19	—9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
80 – 100	—36 —58	—12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
100 – 120		—34	—22	—11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
120 – 140	—43 —68	—14 —39	0 —25	+12,5 —12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+88	+117	+147
+63									+92	+122	
+90									+125	+159	
+65									+100	+134	
140 – 160	—68	—39	—25	—12,5	+3	+15	+27	+4	+93	+133	+171
+68									+108	+146	
160 – 180	—50 —79	—15 —44	0 —29	+14,5 —14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106	+151	+195
+77									+122	+166	
+109									+159	+209	
180 – 200	—79	—44	—29	—14,5	+4	+17	+31	+50	+80	+130	+180
+113									+169	+225	
200 – 225	—56 —88	—17 —49	0 —32	+16,0 —16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+84	+140	+196
+126									+190	+250	
225 – 250	—88	—49	—32	—16,0	+4	+20	+34	+56	+94	+158	+218
+130									+202	+272	
250 – 280	—56 —88	—17 —49	0 —32	+16,0 —16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+98	+158	+218
+130									+202	+272	
280 – 315	—62 —98	—18 —54	0 —36	+18,0 —18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144	+226	+304
+106									+190	+268	
315 – 355	—98	—54	—36	—18,0	+4	+21	+37	+62	+150	+244	+330
+114									+208	+294	
355 – 400	—62 —98	—18 —54	0 —36	+18,0 —18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+166	+272	+370
+126									+232	+330	
400 – 450	—68 —108	—20 —60	0 —40	+20,0 —20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172	+292	+400
+132									+252	+360	
450 – 500	—68 —108	—20 —60	0 —40	+20,0 —20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172	+292	+400
+132									+252	+360	

Продовження табл. 6.3

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14	-6	0	+5	10	—	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	—	+4	+14	+18
Понад 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+41	+4	+8	+19	+23
6 – 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+2t
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
14 – 18	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
24 – 30	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
40 – 50	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
65 – 80	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
100 – 120	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
120 – 140	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
140 – 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
160 – 180	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
180 – 200	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
200 – 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+122	+236
225 – 250	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+122	+236
250 – 280	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+176	+304
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+130	+258
280 – 315	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+176	+304
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+130	+258
315 – 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+186	+380
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+140	+284
355 – 400	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+186	+380
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+140	+284
400 – 450	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450									

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхили, мкм													
Від 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	—	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Понад 3 до 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+40	+50	-50	-32	-16	0	+21
	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72	+87	-93	-75	-59	-43	-21
14 – 18								+67	+77					
								+40	+50					
18 – 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	+73	-117	-92	-72	-52	-26
24 – 30							+81	+97	+121					
							+48	+64	+88					
30 – 40	-120						+99	+119	+151					
	-159	-80	-50	-25	0	+19	+60	+80	+112	-80	-50	-25	0	+31
40 – 50	-130	-119	-89	-64	-39	-19	+109	+136	+175	-142	-112	-87	-62	-31
	-169						+70	+97	+136					
50 – 65	-140						+133	+168	+218					
	-186	-100	-60	-30	0	+23	+87	+122	+172	-100	-60	-30	0	+37
65 – 80	-150	-146	-106	-76	-46	-23	+148	+192	+256	-174	-134	-104	-74	-37
	-196						+102	+146	+210					
80 – 100	-170						+178	+232	+312					
	-224	-120	-72	-36	0	+27	+124	+178	+258	-120	-72	-36	0	+43
100 – 120	-180	-174	-126	-90	-54	-27	+198	+264	+364	-207	-159	-123	-87	-43
	-234						+144	+210	+310					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
	-263						+170	+248	+365					
140 – 160	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	+478	-145	-85	-43	0	+50
	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	+415	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
180 – 200	-240						+308	+422	+592					
	-312						+236	+350	+520					
200 – 225	-230	-170	-100	-50	0	+36	+330	+457	+647	-170	-100	-50	0	+57
	-332	-242	-172	-122	-72	-36	+258	+385	+575	-285	-215	-165	-115	-57
225 – 250	-280						+356	+497	+712					
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300						+396	+556	+791					
	-381	-190	-110	-56	0	+40	+315	+475	+710	-190	-110	-56	0	+65
280 – 315	-330	-271	-191	-137	-81	-40	+431	+606	+871	-320	-240	-486	-130	-65
	-411						+350	+525	+790					
315 – 355	-360						+479	+679	+989					
	-449	-210	-125	-62	0	+44	+390	+390	+900	-210	-125	-62	0	+70
355 – 400	-400	-299	-214	-151	-89	-44	+524	+749	+1089	-350	-265	-302	-140	-70
	-489						+435	+660	+1000					
400 – 450	-440						+587	+837	+1197					
	-537	-230	-135	-68	0	+48	+490	+740	+1100	-230	-135	-68	0	+77
450 – 500	-480	-327	-232	-165	-97	-48	+637	+917	+1347	-385	-290	-223	-155	-77
	-577						+540	+820	+1250					



## Практична робота 7. Розрахунок і вибір посадок з натягом

*Обладнання:* методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття – засвоїти методику розрахунку і вибору посадок з натягом із врахуванням конкретних умов роботи з'єднання, розмірів, матеріалу, питомого тиску, шорсткості поверхонь тощо.

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з натягом.

2. Навести розрахункову схему розрахунку посадки з натягом.

3. Розрахувати: найменший питомий тиск в площі контакту вала і втулки; значення коефіцієнтів  $C_D$  і  $C_d$ ; потрібну деформацію деталей з'єднання; поправку на змінання мікронерівностей отвору і вала; мінімальний натяг, потрібний для передачі заданого навантаження.

4. Знайти максимальний тиск, що допускається міцністю отвору; рахуємо максимальну деформацію, що допускається міцністю отвору; визначаємо максимальний натяг, що допускається міцністю отвору.

5. Вибираємо стандартну посадку, яка задовольняє умовам  $N_{p\min} \geq N_{\min}$ ;  $N_{p\max} \leq N_{\max}$ ; знаходимо граничні відхили.

6. Креслити схему розташування полів допусків деталей з'єднання.

7. Креслимо ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів.

Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з натягом наведено в табл.

7.4.

Приклад. Розрахувати посадку зубчастого колеса на вал за такими даними, розміри в мм:  $D/D_1 = 55/35$ ,

$D_2 = 85$ ,  $l = 75$ ;  $T = 225$  Н·м;

$R_{zD} = 3,2$  мкм,  $R_{zd} = 1,6$  мкм.

Розрахункова схема посадки з натягом приведена на рис. 7.1.

Розрахувати: найменший питомий тиск в площі контакту вала і втулки; значення коефіцієнтів  $C_D$  і  $C_d$ ; потрібну деформацію деталей з'єднання; поправку на змінання мікронерівностей отвору і вала; мінімальний натяг.

При дії крутного моменту  $T$  найменший питомий тиск в площі контакту вала і втулки визначаємо за формулою:

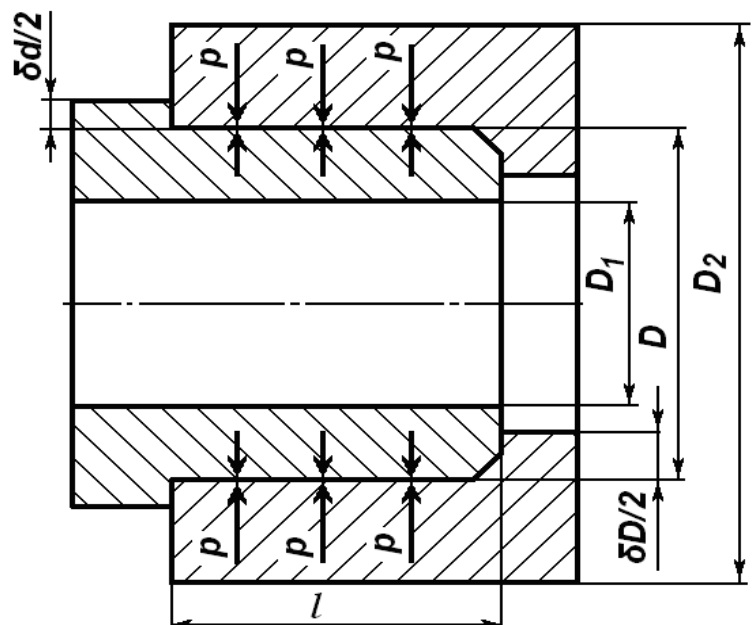


Рис. 7.1. Розрахункова схема посадки з натягом

$$p = \frac{2T}{\pi \cdot D^2 \cdot l \cdot f} = \frac{2 \cdot 225}{3,14 \cdot 0,085^2 \cdot 0,075 \cdot 0,07} 10^{-6} = 3,78 \text{ МПа.}$$

Тут значення коефіцієнта тертя приймаємо за даними табл. 7.1: для пари тертя сталь-сталь (сталь 45 ГОСТ 380-88, НВ 235...262)  $f=0,07$ .

Значення коефіцієнтів  $C_D$  і  $C_d$  підраховуємо за нижче наведеними формулами, отримав за даними табл. 7.1 значення коефіцієнтів Пуассона для отвору і вала:  $\mu_D = \mu_d = 0,30$ .

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{D_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{D}{D_2}\right)^2} + \mu_D = \frac{1 + \left(\frac{0,055}{0,085}\right)^2}{1 - \left(\frac{D_H}{D_2}\right)^2} + 0,30 = 2,36;$$

$$C_d = \frac{1 + \left(\frac{D_1}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{D_1}{D}\right)^2} - \mu_d = \frac{1 + \left(\frac{0,035}{0,055}\right)^2}{1 - \left(\frac{0,035}{0,055}\right)^2} - 0,30 = 2,06.$$

Таблиця 7.1

Значення коефіцієнта тертя  $f$

Матеріал деталей	Пресування	Нагрів	Охолодження	Гідропресування
Сталь-сталь	0,07	0,14	0,07	0,10
Сталь-чавун	0,07	0,07	0,07	-
Сталь або чавун, бронза або латунь	0,05	0,05	0,05	-

Тоді за формулою

$$\delta = p \cdot D \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right) \cdot 10^6 \quad \text{визначаємо значення потрібної деформації деталей}$$

з'єднання, прийняв значення модулів пружності матеріалу втулки і вала по табл. (7.2)  $E_D = E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па:

$$\delta = 3,78 \cdot 10^6 \cdot 0,055 \left( \frac{2,36}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{2,06}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) \cdot 10^6 = 4,37 \text{ мкм.}$$

Поправку на змінання мікронерівностей отвору і вала знаходимо за формулою:

$$U = 1,2(R_{zD} + R_{zd}) = 1,2(3,2 + 1,6) = 5,76 \text{ мкм.}$$

Таблиця 7.2. Значення  $E$  і  $\mu$

Матеріал	$E$ , Па	$\mu$
Сталь	$2,1 \cdot 10^{11}$	0,30
Чавун сірий	$1,0 \cdot 10^{11}$	0,25
Олов'яна бронза	$1,0 \cdot 10^{11}$	0,33
Безолов'яна бронза	$1,1 \cdot 10^{11}$	0,35

Визнаємо мінімальний натяг,

потрібний для передачі завданого навантаження:

$$N_{\min} = \delta + U = 4,37 + 5,76 = 10,13 \text{ мкм.}$$

4. Знаходимо максимальний тиск, що допускається міцністю отвору; рахуємо максимальну деформацію і

визначаємо максимальний натяг, що допускається міцністю отвору. Приймав за даними табл. 7.3 значення межі текучості матеріалу отвору для заданої марки сталі  $\sigma_{TD}=540$  МПа, знаходимо максимальний тиск, що допускається міцністю отвору:

$$[p]_{\max} = 0,5 \cdot \sigma_{TD} \left[ 1 - \left( \frac{D}{D_2} \right)^2 \right] = 0,5 \cdot 540 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{0,055}{0,085} \right)^2 \right] = 157 \text{ МПа.}$$

Таблиця 7.3. Значення  $\sigma_{TD}$

Марка матеріалу	Твердість		$\sigma_{TD}$ , МПа
	НВ	HRC	
Сталь 45	235...262	-	540
	239...302	-	650
40Х, 40ХН	239...302	-	640
	235...262	-	750
	-	45...53	750
35ХМ, 45ХЦ	235...262	-	670
	269...302	-	790
	-	48...53	790
20ХНМ, 18ХГТ, 12ХНЗА	-	56...63	800
Бронза			
БрОФ10-1	-	-	З.....140
БрОНФ10-1	-	-	М.....200
БрОНФ10-1-1	-	-	В.....170
БрОЦС6-6-3	-	-	90
БрАЖ9-4	-	-	20

Примітка: З-відливка в землю; М-в металеву форму; В-відцентровий спосіб.

Рахуємо максимальну деформацію, що допускається міцністю отвору по формулі:

$$[\delta]_{\max} = [p]_{\max} \cdot \delta / p = 157 \cdot 10^6 \cdot 4,37 / (3,78 \cdot 10^6) = 181,5 \text{ мкм.}$$

Визначаємо максимальний натяг, що допускається міцністю отвору, за формулою:

$$N_{\max} = [\delta]_{\max} + U = 181,5 + 5,76 = 187,26 \text{ мкм.}$$

5.Вибираємо стандартну посадку, яка задовольняє умовам  $N_{p\min} \geq N_{\min}$  ;  
 $N_{p\max} \leq N_{\max}$  ; знаходимо граничні відхили.

Стандартна посадка, яка задовольняє умовам, буде (табл. 7.5)  $\varnothing 55H7/s6$ , у якої  $N_{p\min} = 13$  мкм,  $N_{p\max} = 40$  мкм.

Граничні відхили (табл. 7.6 і 7.7):  $\varnothing 55H7 - ES = +30$  мкм  $= +0,030$  мм,  $EI = 0$ ;

$\varnothing 55s6 - es = +72$  мкм  $= +0,072$  мм,  $ei = +53$  мкм  $= +0,053$  мм.

Граничні натягі у посадки:

$$N_{\min} = ei - ES = 0,053 - 0,030 = 0,023 \text{ мм;}$$

$$N_{\max} = es - EI = 0,072 - 0 = 0,072 \text{ мм.}$$

6. Креслимо схему полів допусків деталей з'єднання.

Схема розташування полів допусків деталей з'єднання  $\varnothing 55H7/s6$  наведено на рис. 7.2.

7. Креслимо ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів.

Ескізи з'єднання  $\varnothing 55H7/s6$ , отвору і вала з отриманням посадок і відхилів наведено на рис. 7.3

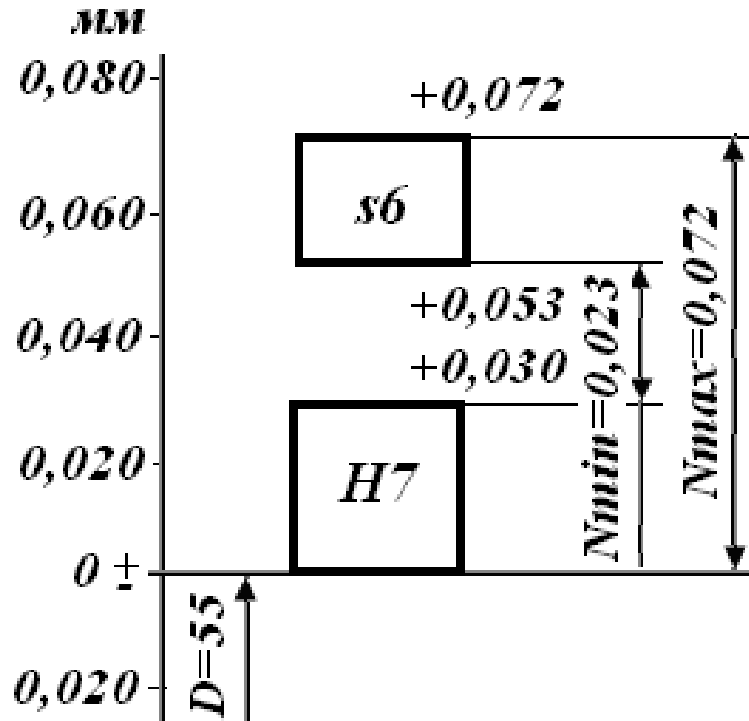


Рис. 7.2. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання  $\varnothing 55H7/s6$

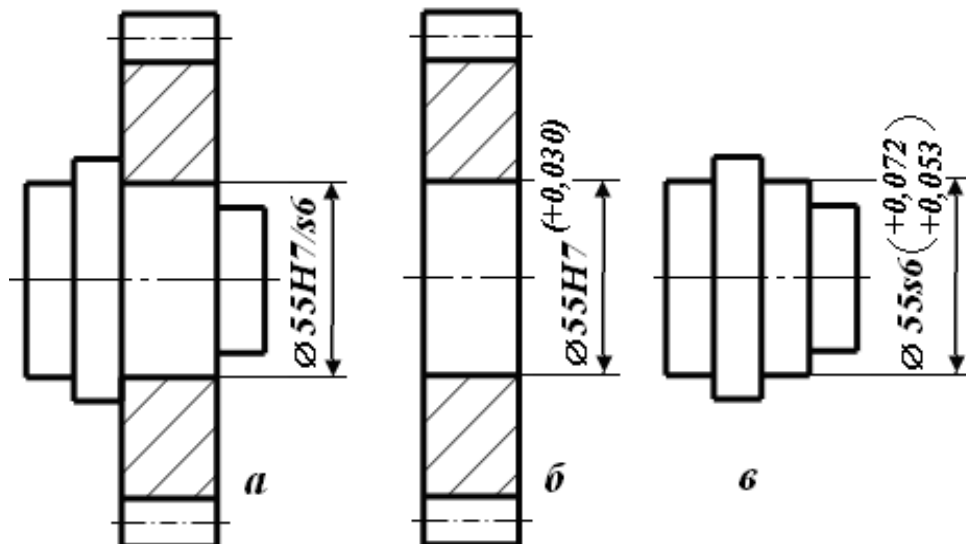


Рис. 7.3. Ескізи з'єднання (а), отвору (б) і вала (в)

Таблиця 7.4. Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з натягом

Вари- ант	D/D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l, мм	T, Н·м	ω, рад/с	p, Па·10 <sup>6</sup>	R <sub>zD</sub> , мкм	R <sub>zd</sub> , мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30/24	55	35	150	95	0,10	12,5	6,3
2	38/30	62	45	200	75	0,18	3,2	1,6
3	44/36	70	60	260	70	0,22	6,3	3,2
4	42/34	60	65	235	80	0,18	6,3	3,2
5	50/42	80	70	250	75	0,21	6,3	3,2
6	54/46	80	65	165	65	0,23	12,5	6,3
7	58/48	85	80	145	55	0,22	12,5	6,3
8	62/54	90	75	215	50	0,24	6,3	3,2
9	64/56	95	80	200	50	0,25	3,2	1,6
10	70/60	100	75	135	90	0,55	12,5	6,3
11	72/60	105	80	210	85	0,60	12,5	6,3
12	74/62	110	90	220	85	0,65	6,3	3,2
13	82/70	130	90	300	80	0,70	6,3	3,2
14	84/72	135	90	350	90	0,75	3,2	1,6
15	88/74	140	100	300	80	0,70	3,2	1,6
16	90/76	145	100	350	85	0,75	3,2	1,6
17	92/78	140	105	400	75	0,80	1,6	0,8
18	94/60	145	105	450	80	0,90	1,6	0,8
19	96/82	155	100	425	75	0,85	1,6	0,8
20	98/84	160	110	450	70	0,90	1,6	0,8
21	100/86	160	120	475	70	0,95	1,6	0,8
22	102/90	155	105	350	60	0,30	3,2	1,6
23	104/88	160	110	375	55	0,32	1,6	0,8
24	106/84	165	115	400	55	0,34	1,6	0,8
25	35/20	60	40	200	110	0,80	6,3	3,2
26	40/22	60	50	115	110	0,70	3,2	1,6
27	45/28	75	60	220	100	0,65	3,2	1,6
28	50/30	80	70	200	100	0,45	3,2	1,6
29	55/35	85	75	225	95	0,40	3,2	1,6
30	60/40	90	80	250	95	0,38	1,6	0,8
31	65/35	90	75	250	80	0,40	12,5	6,3
32	70/40	95	80	270	75	0,38	6,3	3,2
33	80/45	105	90	300	70	0,34	6,3	3,2
34	105/80	160	115	550	60	1,4	1,6	0,8
35	110/85	170	120	600	55	1,50	3,2	1,6
36	115/80	175	125	700	50	1,60	1,6	0,8
37	120/90	160	135	550	55	1,00	3,2	1,6
38	125/85	165	140	600	50	1,20	1,6	1,6

Продовження табл. 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
39	130/70	170	145	700	50	1,20	1,6	0,8
40	42/20	65	60	180	95	0,46	6,3	3,2
41	44/22	70	65	200	90	0,48	6,3	3,2
42	46/18	75	65	220	90	0,50	3,2	3,2
43	48/20	80	70	240	85	0,52	3,2	1,6
44	50/22	85	70	260	85	0,54	1,6	1,6
45	52/24	85	75	170	85	0,46	1,6	1,6
46	54/26	85	80	180	80	0,48	1,6	0,8
47	58/30	90	90	250	80	0,26	3,2	1,6
48	60/40	90	90	260	75	0,27	3,2	1,6
49	62/36	95	95	270	70	0,28	1,6	0,8
50	64/32	90	85	110	65	0,35	1,6	0,8
51	66/34	90	85	115	60	0,38	1,6	1,6
52	68/32	90	85	120	55	0,47	1,6	0,8
53	70/35	100	90	125	55	0,46	1,6	0,8
54	72/32	100	95	130	60	0,50	1,6	0,8
55	74/30	110	100	200	45	0,30	3,2	1,6
56	76/28	115	105	210	45	0,45	1,6	0,8
57	78/40	195	90	210	60	0,32	1,6	0,8
58	80/36	110	95	220	55	0,38	3,2	1,6
59	82/38	125	90	270	60	0,43	3,2	1,6
60	84/40	130	95	280	65	0,45	1,6	1,6
61	86/42	130	90	290	55	0,40	1,6	0,8
62	88/36	135	95	300	55	0,46	1,6	0,8
63	90/46	140	100	400	60	0,53	1,6	1,6
64	92/42	145	100	410	60	0,55	1,6	0,8
65	100/60	170	130	250	55	0,63	12,5	6,3
66	102/58	170	130	255	60	0,64	6,3	3,2
67	108/52	175	135	270	35	0,67	1,6	1,6
68	112/60	180	150	280	30	0,69	3,2	1,6
69	116/55	155	160	220	40	0,71	6,3	6,3
70	122/60	160	165	235	35	0,74	3,2	1,6
71	126/54	170	175	245	30	0,76	1,6	0,8
72	130/40	180	185	255	25	0,78	1,6	0,8
73	140/50	190	185	265	30	0,80	6,3	3,2
74	150/60	200	195	275	20	0,82	3,2	3,2
75	160/40	210	205	285	15	0,84	1,6	1,6
76	165/75	215	210	290	10	0,85	3,2	1,6
77	170/70	220	215	295	10	0,86	1,6	1,6
78	65/30	105	100	300	80	0,42	12,5	6,3

Продовження табл. 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
79	75/35	115	110	310	75	0,44	6,3	6,3
80	80/38	130	125	325	50	0,47	1,6	1,6
81	95/40	135	130	330	40	0,48	1,6	0,8
82	100/45	140	135	335	45	0,50	1,6	0,8
83	140/60	180	175	375	45	0,57	1,6	0,8
84	150/65	190	185	385	50	0,59	6,3	3,2
85	155/70	195	190	390	45	0,60	3,2	1,6
86	160/75	200	195	395	45	0,61	1,6	0,8
87	165/72	205	200	400	40	0,62	12,5	6,3
88	170/78	210	205	405	40	0,63	6,3	3,2
89	175/80	215	210	410	35	0,64	3,2	1,6
90	185/85	225	220	420	35	0,66	12,5	6,3
91	190/70	230	225	425	35	0,67	6,3	3,2
92	195/75	235	230	430	30	0,68	3,2	1,6
93	200/90	240	235	435	30	0,69	1,6	0,8
94	205/95	245	240	440	25	0,70	12,5	6,3
95	210/100	250	245	445	25	0,71	6,3	3,2
96	215/105	255	250	450	20	0,72	3,2	1,6
97	220/110	260	255	455	20	0,73	1,6	0,8
98	180/85	220	215	415	35	0,65	1,6	0,8

Примітка:  $D$  – номінальний діаметр сполучення;

$D_1$  – діаметр свердління вала;

$D_2$  – зовнішній діаметр втулки;

$l$  – довжина сполучення;

$T$  – крутний момент;

$\omega$  – кутова швидкість вала;

$p$  – питомий тиск на опору;

$R_{zD}$  і  $R_{zd}$  – шорсткість поверхні відповідно отвору і вала.

Таблиця 7.5. Значення імовірних натягів

Посадка	Значення імовірних натягів ( $N_{pmin}$ , $N_{pmax}$ , мкм) для діаметрів, мм														
	від 24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280
	до 30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
H7/p6	2	3	3	4	4	4	4		61			7		7	7
	27	32	23	39	39	45	45		53			62		70	70
H7/r6	8	11	11	13	15	18	21	26	28	31	34	37	40	45	49
	33	40	40	48	50	59	62	73	75	78	88	91	94	107	111
H7/s6	15	20	20	25	31	38	46	55	63	71	79	87	97	109	121
	40	49	49	60	66	79	87	102	110	118	133	141	151	171	183
H7/t6	21	25	31	38	47	58	71	85	94	109	123	137	153	169	191
	46	45	60	73	82	99	112	132	144	156	177	191	207	231	253
H7/x6	44	57	74	94	118	145	177	211	243	273	307	342	382	426	476
	69	86	103	129	153	186	218	258	290	320	361	396	436	488	538
H7/s7	16	20	20	26	32	39	47	56	64	72	80	88	98	111	123
	46	56	56	68	74	89	97	112	120	128	146	154	164	185	197
H7/t7	22	25	31	39	48	59	72	86	98	110	124	138	154	171	183
	52	61	67	81	90	109	122	142	154	166	190	204	220	245	257
H7/u7	29	37	47	60	75	92	112	134	163	174	194	216	242	268	303
	59	73	83	102	117	142	169	185	219	230	260	282	308	342	377
H7/v7	36	45	58	75	83	114	140	166	192	216	242	268	298	338	378
	66	81	94	117	125	164	190	217	248	272	308	334	364	412	452
H7/x7	45	57	74	95	119	146	178	202	234	264	308	334	383	428	478
	75	93	110	137	161	196	228	263	295	325	374	409	449	502	552
H7/y7	56	71	91	117	147	182	222	254	294	334	383	428	478	533	602
	86	107	127	159	189	232	272	315	355	395	449	494	544	607	677
H8/s7	4	7	7	11	16	20	28	33	41	49	54	62	72	82	94
	43	53	53	65	71	84	92	107	115	123	140	148	158	178	190
H8/u8	18	24	34	46	60	77	97	114	143	154	171	193	219	242	277
	65	80	90	110	125	153	173	202	231	242	273	295	321	366	391
H8/x8	34	44	61	81	104	131	163	192	224	254	285	320	360	402	451
	81	99	117	145	169	207	239	280	312	342	387	422	462	516	566
H8/z8	58	76	101	131	158	211	263	308	358	408	455	510	575	637	717
	105	132	156	195	233	287	339	398	448	498	557	612	677	751	831



Таблиця 7.6. Граничні відхили отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34 +16	+24 +6	+18 0	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—
14 – 18											
18 – 24	+41 +20	+28 +7	+21 0	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-20 -41	-27 -48	— -33 -54
24 – 30											
30 – 40	+50 +25	+3 -9	+25 0	+12 -12	+1 -18	0 -25	-8 -33	-17 -44	-25 -50	-34 -59	-39 -64 -45 -70
40 – 50											
50 – 65	+60 +30	+40 +10	+30 0	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85 -64 -94
65 – 80											
80 – 100	+71 +36	+47 +12	+35 0	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113 -91 -126
100 – 120											
120 – 140	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-48 -88	-77 -117	-107 -147 -119 -159 -131 -171
140 – 160											
160 – 180											
180 – 200	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-60 -106	-105 -151	-149 -195 -163 -209 -179 - 225
200 – 225											
225 – 250											
250 – 280	+108 +56	+69 +17	+52 0	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88	-74 -126	-138 -190	-198 -250 -220 -272
280 – 315											
315 – 355	+119 -62	+75 +18	+57 0	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-87 -144	-169 -226	-247 -304 -273 -330
355 – 400											
400 – 450	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-103 -166	-209 -272	-307 -370 -337 -400
450 – 500											

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	JS9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+4 0	+7 -7	0 -11	-	-1 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12
Понад 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+22 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15
6 – 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18
10 – 14	+77 +50	+49 +32	+43 +16	+27 0	+13 -13	+8 -19	+2 -25	-3 -30	-33 -60	+93 +50	+75 +32	+59 +16	+43 0	+21 -21
14 – 18														
18 – 24	+98 +65	+73 +40	+53 +20	+33 0	+16 -16	+10 -23	+4 -29	-3 -36	-11 -74 -48 -81	+117 +65	+92 +40	+72 +20	+52 0	+26 -26
24 – 30														
30 – 40	+119 +80	+89 +50	+61 +25	+39 0	+19 -19	+12 -27	+5 -34	-3 -42	-60 -99 -70 -109	+142 +80	+112 +50	+87 +25	+62 0	+31 -31
40 – 50														
50 – 65	+146 +100	+106 +60	+76 +30	+46 0	+23 -23	+14 -32	+5 -41	-4 -50	-87 -133 -102 -148	+174 +100	+131 +60	+104 +30	+74 0	+37 -37
65 – 80														
80 – 100	+174 +120	+126 +72	+90 +36	+54 0	+27 127	+16 -38	+6 -48	-4 -58	-124 -178 -144 -198	+207 +120	+159 +72	+123 +36	+87 0	+43 -43
100 – 120														
120 – 140									-170 -233					
140 – 160	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	-190 -253	+245 +145	+165 +85	+143 +43	+100 0	+50 -50
160 – 180									-210 -273					
180 – 200									-236 -308					
200 – 226	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	-258 -330 -284 -356	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+57 -57
225 – 250														
250 – 280	+271 +190	+191 +110	+137 +56	+81 0	+40 -40	+25 -56	+9 -72	-5 -86	-315 -396 -350 -431	+320 +190	+240 +110	+186 +56	+130 0	+65 -65
280 – 315														
315 – 355	+299 +210	+214 +125	+151 +62	+89 0	+44 -44	+28 -61	+11 -78	-5 -94	-390 -479 -435 -521	+350 +210	+265 +125	+202 +62	+140 0	+70 -70
355 – 400														
400 – 450	+327 +230	+232 +135	+165 +68	+97 0	+48 -48	+29 -68	+11 -86	-6 -103	-490 -587 -540 -637	+385 +230	+290 +135	+223 +68	+155 0	+77 -77
450 – 500														

Таблиця 7.7. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	—6 —12	—2 —8	0 —6	+3,0 —3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	—10 —18	—4 —12	0 —8	+4,0 —4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	—13 —22	—5 —14	0 —9	+4,5 —4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	—16 —27	—6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18		—17	—11	—5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	—20 —33	—7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30		—20	—13	—6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	
30 – 40	—25 —41	—9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64
40 – 50		—25	—16	—8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+48
50 – 65	—30 —49	—10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60	+72	+85
65 – 80		—29	—19	—9,5	+2	+11	+20	+32	+41	+53	+66
80 – 100	—36 —58	—12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+113
100 – 120		—34	—22	—11,0	+3	+13	+23	+37	+51	+71	+91
120 – 140	—43 —68	—14 —39	0 —25	+12,5 —12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+88	+117	+147
140 – 160									+63	+92	+122
									+90	+125	+159
160 – 180									+65	+100	+134
180 – 200	—50 —79	—15 —44	0 —29	+14,5 —14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+93	+133	+171
200 – 225									+68	+108	+146
									+106	+151	+195
225 – 250									+77	+122	+166
250 – 280	—56 —88	—17 —49	0 —32	+16,0 —16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126	+190	+250
280 – 315									+94	+158	+218
315 – 355	—62 —98	—18 —54	0 —36	+18,0 —18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+130	+202	+272
355 – 400									+98	+170	+240
400 – 450	—68 —108	—20 —60	0 —40	+20,0 —20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+144	+226	+304
450 – 500									+106	+190	+268
	+150	+244	+330								
	+114	+208	+294								
	+166	+272	+370								
	+126	+232	+330								
	+172	+292	+400								
	+132	+252	+360								

Продовження табл. 7.7

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14	-6	0	+5	10	—	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	—	+4	+14	+18
Понад 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+41	+4	+8	+19	+23
6 – 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+2t
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
14 – 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
24 – 30	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
									+69
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
40 – 50	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
									+96
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
65 – 80	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
								+89	+132
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
100 – 120	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
								+114	+179
120 – 140								+132	+210
140 – 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+92	+170
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+140	+230
160 – 180								+100	+190
180 – 200								+148	+250
								+108	+210
200 – 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
225 – 250	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+122	+236
								+176	+304
250 – 280								+130	+258
280 – 315	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+186	+380
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+140	+284
315 – 355								+210	+367
355 – 400	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+158	+315
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+222	+402
400 – 450								+170	+350
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+247	+447
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+190	+390
								+265	+492
								+208	+435
								+296	+553
								+232	+490
								+315	+603
								+252	+540

Продовження табл. 7.7

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхили, мкм													
Від 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	—	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Понад 3 до 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+40	+50	-50	-32	-16	0	+21
	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72	+87	-93	-75	-59	-43	-21
14 – 18								+67	+77					
								+40	+50					
18 – 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	+73	-117	-92	-72	-52	-26
24 – 30							+81	+97	+121					
							+48	+64	+88					
30 – 40	-120						+99	+119	+151					
	-159	-80	-50	-25	0	+19	+60	+80	+112	-80	-50	-25	0	+31
40 – 50	-130	-119	-89	-64	-39	-19	+109	+136	+175	-142	-112	-87	-62	-31
	-169						+70	+97	+136					
50 – 65	-140						+133	+168	+218					
	-186	-100	-60	-30	0	+23	+87	+122	+172	-100	-60	-30	0	+37
65 – 80	-150	-146	-106	-76	-46	-23	+148	+192	+256	-174	-134	-104	-74	-37
	-196						+102	+146	+210					
80 – 100	-170						+178	+232	+312					
	-224	-120	-72	-36	0	+27	+124	+178	+258	-120	-72	-36	0	+43
100 – 120	-180	-174	-126	-90	-54	-27	+198	+264	+364	-207	-159	-123	-87	-43
	-234						+144	+210	+310					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
	-263						+170	+248	+365					
140 – 160	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	+478	-145	-85	-43	0	+50
	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	+415	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
180 – 200	-240						+308	+422	+592					
	-312						+236	+350	+520					
200 – 225	-230	-170	-100	-50	0	+36	+330	+457	+647	-170	-100	-50	0	+57
	-332	-242	-172	-122	-72	-36	+258	+385	+575	-285	-215	-165	-115	-57
225 – 250	-280						+356	+497	+712					
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300						+396	+556	+791					
	-381	-190	-110	-56	0	+40	+315	+475	+710	-190	-110	-56	0	+65
280 – 315	-330	-271	-191	-137	-81	-40	+431	+606	+871	-320	-240	-486	-130	-65
	-411						+350	+525	+790					
315 – 355	-360						+479	+679	+989					
	-449	-210	-125	-62	0	+44	+390	+390	+900	-210	-125	-62	0	+70
355 – 400	-400	-299	-214	-151	-89	-44	+524	+749	+1089	-350	-265	-302	-140	-70
	-489						+435	+660	+1000					
400 – 450	-440						+587	+837	+1197					
	-537	-230	-135	-68	0	+48	+490	+740	+1100	-230	-135	-68	0	+77
450 – 500	-480	-327	-232	-165	-97	-48	+637	+917	+1347	-385	-290	-223	-155	-77
	-577						+540	+820	+1250					

## Практична робота 8. Розрахунок і вибір посадок з зазором

*Обладнання:* методичні рекомендації, довідники.

Мета завдання 8 – засвоїти методику розрахунку і вибору посадок із зазором з урахуванням конкретних умов роботи з'єднання (розмірів, швидкості обертання, властивості мастил, шорсткості поверхонь тощо).

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку посадок з зазором.
2. Навести розрахункову схему розрахунку посадки з зазором.
3. Розрахувати величину  $hS$  і визначаємо найвигідніший (оптимальний) зазор  $S_{\text{опт}}$ .
4. Підраховуємо розрахунковий зазор з урахуванням спрацювання мікронерівностей на поверхні контакту. Вибіраємо необхідну стандартну посадку. Визначаємо граничні зазори і середній зазор.
5. Перевіряємо правильність вибору посадки (достатність шару мастила).
6. Визначення основних параметрів деталей сполучення.
7. Будуємо схему полів допусків з'єднання.
8. Будуємо ескізи з'єднань отвору та валу з дотриманням посадок і відхилів.

Вихідні дані для розрахунку посадок з зазором наведено в табл. 8.1.

*Приклад.* Розрахувати посадку з зазором за такими даними (розміри в мм):

$$D/D_1 = 55/35, D_2 = 85, l = 75;$$

$$T = 225 \text{ Н}\cdot\text{м}; R_{zD} = 3,2 \text{ мкм},$$

$$R_{zd} = 1,6 \text{ мкм}; \mu = 0,07 \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$p = 0,4 \cdot 10^6 \text{ Па}; \omega = 95 \cdot \text{рад}/\text{с}.$$

Розрахункова схема посадки з зазором приведена на рис. 8.1.

Розрахувати величину  $hS$  і визначаємо найвигідніший (оптимальний) зазор  $S_{\text{опт}}$ .

Рахуємо величину

$$hS = \frac{0,52 \cdot D^2 \cdot \omega \cdot \mu \cdot l}{p(D+1)};$$

$$hS = \frac{0,52 \cdot 0,055^2 \cdot 95 \cdot 0,07 \cdot 0,075}{0,4 \cdot 10^6 (0,055 + 0,075)} = 1,51 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2.$$

Визначаємо найвигідніший (оптимальний) зазор за формулою:

$$S_{\text{опт}} = 2\sqrt{hS} = 2\sqrt{1,51 \cdot 10^{-8}} = 2,44 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 244 \text{ мкм}.$$

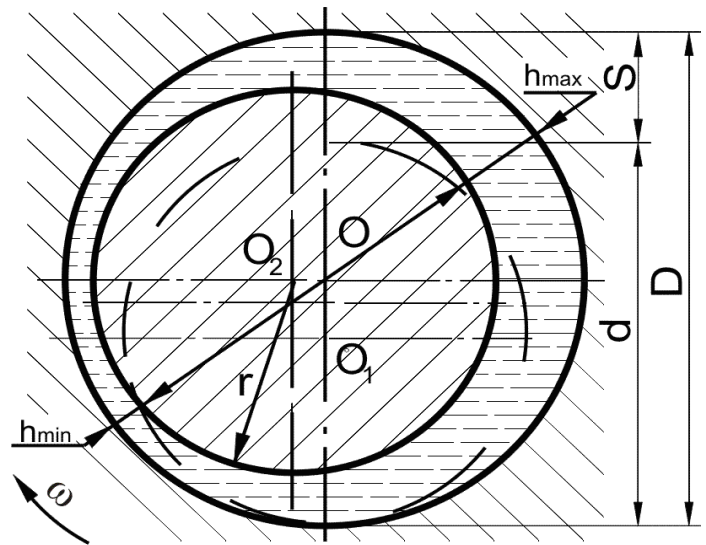


Рис. 8.1. Розрахункова схема посадки з зазором

Підраховуємо розрахунковий зазор з урахуванням спрацювання мікронерівностей на поверхні контакту за формулою, в якій коефіцієнт запасу надійності прийнятий рівним 2:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{опт}} - k(R_{zD} + R_{zd}) = 244 - 2 \cdot (3,2 + 1,6) = 234,4 \text{ мкм.}$$

Вибираємо необхідну стандартну посадку, що задовольняє умову

$$S_{\text{сер.ст}} \leq S_{\text{розр.}}$$

Приймаємо стандартну посадку  $\varnothing 55H7/g6$ .

За табл. 8.2 і 8.3 визначаємо граничні відхили отвору та вала:

$\varnothing 55H7 - ES = +30 \text{ мкм} = +0,030 \text{ мм}$ ,  $EI = 0$ ;  $\varnothing 55g6 - es = -10 \text{ мкм} = -0,010 \text{ мм}$ ,  
 $ei = -29 \text{ мкм} = -0,029 \text{ мм}$ .

Визначаємо граничні зазори за формулами:

$$S_{\text{max}} = ES - ei = 0,030 - (-0,029) = 0,059 \text{ мм};$$

$$S_{\text{min}} = EI - es = 0 - (-0,010) = 0,010 \text{ мм.}$$

Середній зазор:

$$S_{\text{сер}} = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2} = \frac{0,059 + 0,010}{2} = 0,0345 \text{ мм.}$$

5. Перевіряємо правильність вибору посадки (достатність шару мастила).

Перевіряємо правильність вибору посадки (достатність шару мастила):  
 визначаємо найменшу товщину шару мастила за формулою:

$$h_{\text{min}} = \frac{hS}{S_{\text{max.ст.}} + k(R_{zD} + R_{zd})} = \frac{1,51 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{12}}{[59 + 2(3,2 + 1,6)]} = 201 \text{ мкм};$$

перевіряємо достатність шару мастила, що ще забезпечує умови рідинного тертя, дотримуючись умови:  $h_{\text{min}}^{\bullet} \geq k(R_{zD} + R_{zd})$ ;

$$h_{\text{min}}^{\bullet} \geq 2(3,2 + 1,6) = 9,6 \text{ мкм}; \quad h_{\text{min}} = 201 \text{ мкм} > h_{\text{min}}^{\bullet}.$$

6. Визначення основних параметрів деталей сполучення.

Визначаємо основні параметри деталей сполучення  $\varnothing 55H7/g6$ .

Граничні розміри отвору та вала визначаємо за формулами:

$$D_{\text{min}} = D + EI = 55 + 0 = 55,000 \text{ мм};$$

$$D_{\text{max}} = D + ES = 55 + 0,036 = 55,036 \text{ мм};$$

$$d_{\text{min}} = D + ei = 55 + (-0,029) = 54,971 \text{ мм};$$

$$d_{\text{max}} = D + es = 55 + (-0,010) = 54,990 \text{ мм.}$$

Допуски отвору та вала визначаємо за формулами:

$$TD = ES - EI = 0,036 - 0 = +0,036 \text{ мм.}$$

$$TD = D_{\text{max}} - D_{\text{min}} = 55,036 - 55 = +0,036 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = (-0,010) - (-0,029) = +0,019 \text{ мм};$$

$$Td = d_{\text{max}} - d_{\text{min}} = 54,990 - 54,971 = +0,019 \text{ мм.}$$

Визначаємо допуск посадки за формулою:

$$TS = S_{\text{max}} - S_{\text{min}} = 0,065 - 0,010 = 0,055 \text{ мм.}$$

Перевірочна формула:

$$TS = TD + Td = 0,036 + 0,019 = 0,055 \text{ мм.}$$

7. Будуємо схему розташування полів допусків з'єднання.

Будуємо схему полів допусків з'єднання  $\varnothing 55H7/g6$  (рис. 8.2),

8. Будуємо ескізи з'єднання, отвору та вала з дотриманням посадок і відхилів.

Будуємо ескізи з'єднання, отвору та вала з дотриманням посадок і відхилів (рис. 8.3).

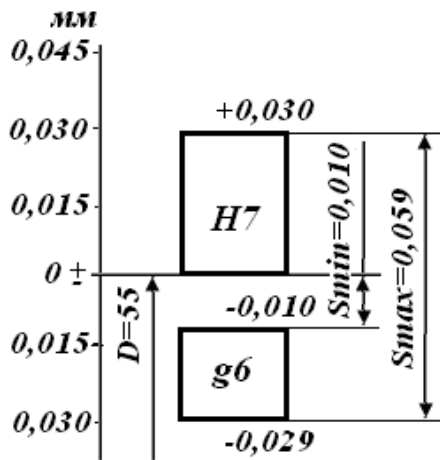


Рис. 8.2. Схема розташування полів допусків з'єднання  $\text{Ø}55\text{H}7/\text{g}6$

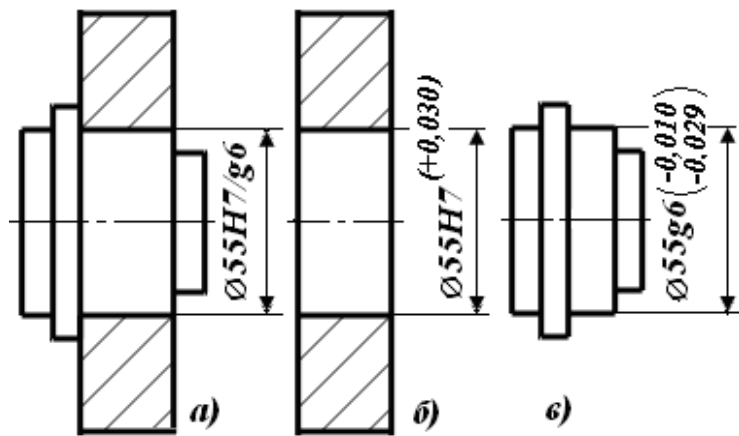


Рис. 8.3. Ескізи з'єднання (а), отвору (б) і вала (в)

Таблиця 8.1. Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з зазором (задача 8)

Вариант	D/D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l, мм	T, Н·м	ω, рад/с	p, Па·10 <sup>6</sup>	R <sub>zD</sub> , мкм	R <sub>zd</sub> , мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30/24	55	35	150	95	0,10	12,5	6,3
2	38/30	62	45	200	75	0,18	3,2	1,6
3	44/36	70	60	260	70	0,22	6,3	3,2
4	42/34	60	65	235	80	0,18	6,3	3,2
5	50/42	80	70	250	75	0,21	6,3	3,2
6	54/46	80	65	165	65	0,23	12,5	6,3
7	58/48	85	80	145	55	0,22	12,5	6,3
8	62/54	90	75	215	50	0,24	6,3	3,2
9	64/56	95	80	200	50	0,25	3,2	1,6
10	70/60	100	75	135	90	0,55	12,5	6,3
11	72/60	105	80	210	85	0,60	12,5	6,3
12	74/62	110	90	220	85	0,65	6,3	3,2
13	82/70	130	90	300	80	0,70	6,3	3,2
14	84/72	135	90	350	90	0,75	3,2	1,6
15	88/74	140	100	300	80	0,70	3,2	1,6
16	90/76	145	100	350	85	0,75	3,2	1,6
17	92/78	140	105	400	75	0,80	1,6	0,8
18	94/60	145	105	450	80	0,90	1,6	0,8
19	96/82	155	100	425	75	0,85	1,6	0,8
20	98/84	160	110	450	70	0,90	1,6	0,8



Продовження табл. 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	100/86	160	120	475	70	0,95	1,6	0,8
22	102/90	155	105	350	60	0,30	3,2	1,6
23	104/88	160	110	375	55	0,32	1,6	0,8
24	106/84	165	115	400	55	0,34	1,6	0,8
25	35/20	60	40	200	110	0,80	6,3	3,2
26	40/22	60	50	115	110	0,70	3,2	1,6
27	45/28	75	60	220	100	0,65	3,2	1,6
28	50/30	80	70	200	100	0,45	3,2	1,6
29	55/35	85	75	225	95	0,40	3,2	1,6
30	60/40	90	80	250	95	0,38	1,6	0,8
31	65/35	90	75	250	80	0,40	12,5	6,3
32	70/40	95	80	270	75	0,38	6,3	3,2
33	80/45	105	90	300	70	0,34	6,3	3,2
34	105/80	160	115	550	60	1,4	1,6	0,8
35	110/85	170	120	600	55	1,50	3,2	1,6
36	115/80	175	125	700	50	1,60	1,6	0,8
37	120/90	160	135	550	55	1,00	3,2	1,6
38	125/85	165	140	600	50	1,20	1,6	1,6
39	130/70	170	145	700	50	1,20	1,6	0,8
40	42/20	65	60	180	95	0,46	6,3	3,2
41	44/22	70	65	200	90	0,48	6,3	3,2
42	46/18	75	65	220	90	0,50	3,2	3,2
43	48/20	80	70	240	85	0,52	3,2	1,6
44	50/22	85	70	260	85	0,54	1,6	1,6
45	52/24	85	75	170	85	0,46	1,6	1,6
46	54/26	85	80	180	80	0,48	1,6	0,8
47	58/30	90	90	250	80	0,26	3,2	1,6
48	60/40	90	90	260	75	0,27	3,2	1,6
49	62/36	95	95	270	70	0,28	1,6	0,8
50	64/32	90	85	110	65	0,35	1,6	0,8
51	66/34	90	85	115	60	0,38	1,6	1,6
52	68/32	90	85	120	55	0,47	1,6	0,8
53	70/35	100	90	125	55	0,46	1,6	0,8
54	72/32	100	95	130	60	0,50	1,6	0,8
55	74/30	110	100	200	45	0,30	3,2	1,6
56	76/28	115	105	210	45	0,45	1,6	0,8
57	78/40	195	90	210	60	0,32	1,6	0,8
58	80/36	110	95	220	55	0,38	3,2	1,6
59	82/38	125	90	270	60	0,43	3,2	1,6
60	84/40	130	95	280	65	0,45	1,6	1,6

Продовження табл. 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
61	86/42	130	90	290	55	0,40	1,6	0,8
62	88/36	135	95	300	55	0,46	1,6	0,8
63	90/46	140	100	400	60	0,53	1,6	1,6
64	92/42	145	100	410	60	0,55	1,6	0,8
65	100/60	170	130	250	55	0,63	12,5	6,3
66	102/58	170	130	255	60	0,64	6,3	3,2
67	108/52	175	135	270	35	0,67	1,6	1,6
68	112/60	180	150	280	30	0,69	3,2	1,6
69	116/55	155	160	220	40	0,71	6,3	6,3
70	122/60	160	165	235	35	0,74	3,2	1,6
71	126/54	170	175	245	30	0,76	1,6	0,8
72	130/40	180	185	255	25	0,78	1,6	0,8
73	140/50	190	185	265	30	0,80	6,3	3,2
74	150/60	200	195	275	20	0,82	3,2	3,2
75	160/40	210	205	285	15	0,84	1,6	1,6
76	165/75	215	210	290	10	0,85	3,2	1,6
77	170/70	220	215	295	10	0,86	1,6	1,6
78	65/30	105	100	300	80	0,42	12,5	6,3
79	75/35	115	110	310	75	0,44	6,3	6,3
80	80/38	130	125	325	50	0,47	1,6	1,6
81	95/40	135	130	330	40	0,48	1,6	0,8
82	100/45	140	135	335	45	0,50	1,6	0,8
83	140/60	180	175	375	45	0,57	1,6	0,8
84	150/65	190	185	385	50	0,59	6,3	3,2
85	155/70	195	190	390	45	0,60	3,2	1,6
86	160/75	200	195	395	45	0,61	1,6	0,8
87	165/72	205	200	400	40	0,62	12,5	6,3
88	170/78	210	205	405	40	0,63	6,3	3,2
89	175/80	215	210	410	35	0,64	3,2	1,6
90	185/85	225	220	420	35	0,66	12,5	6,3
91	190/70	230	225	425	35	0,67	6,3	3,2
92	195/75	235	230	430	30	0,68	3,2	1,6
93	200/90	240	235	435	30	0,69	1,6	0,8
94	205/95	245	240	440	25	0,70	12,5	6,3
95	210/100	250	245	445	25	0,71	6,3	3,2
96	215/105	255	250	450	20	0,72	3,2	1,6
97	220/110	260	255	455	20	0,73	1,6	0,8
98	180/85	220	215	415	35	0,65	1,6	0,8

Примітка: D – номінальний діаметр сполучення;  $D_1$  – діаметр свердління вала;  $D_2$  – зовнішній діаметр втулки;  $l$  – довжина сполучення; T – крутний момент;

$\omega$  – кутова швидкість вала;  $p$  – питомий тиск на опору;  $R_{zD}$  і  $R_{zd}$  – шорсткість поверхні відповідно отвору і вала.

Таблиця 8.2. Граничні відхилення отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхилення, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	—
14 – 18	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	
18 – 24	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	—
24 – 30	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	
30 – 40	+50	+3	+25	+12	+1	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
40 – 50	+25	-9	0	-12	-18	-25	-33	-44	-50	-59	-45 -70
50 – 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55 -85
65 – 80	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-62	-78	-64 -94
80 – 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-78 -113
100 – 120	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-73	-93	-91 -126
120 – 140									-48	-77	-107 -147
140 – 160	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-50	-85	-119 -159
160 – 180									-53	-93	-131 -171
180 – 200									-60	-105	-149 -195
200 – 225	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-63	-113	-163 -209
225 – 250									-67	-123	-179 - 225
250 – 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-74	-138	-198 -250
280 – 315	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-126	-190	-220 -272
315 – 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-78	-150	-247 -304
355 – 400	-62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-87	-169	-226 -273 -330
400 – 450	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	-93	-187	-307 -370
450 – 500	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	-103	-209	-272 -337 -400

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	JS9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+4 0	+7 -7	0 -11	-	-1 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12
Понад 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+22 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15
6 – 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18
10 – 14	+77	459	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
14 – 18	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
18 – 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-11 -74	+117	+92	+72	+52	+26
24 – 30	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-48 -81	+65	+40	+20	0	-26
30 – 40	+119	+89	+61	+39	+19	+12	+5	-3	-60 -99	+142	+112	+87	+62	+31
40 – 50	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-70 -109	+80	+50	+25	0	-31
50 – 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87 -133	+174	+131	+104	+74	+37
65 – 80	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-102 -148	+100	+60	+30	0	-37
80 – 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-124 -178	+207	+159	+123	+87	+43
100 – 120	+120	+72	+36	0	127	-38	-48	-58	-144 -198	+120	+72	+36	0	-43
120 – 140									-170 -233					
140 – 160	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	-190 -253	+245 +145	+165 +85	+143 +43	+100 0	+50 -50
160 – 180									-210 -273					
180 – 200									-236 -308					
200 – 226	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	-258 -330	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+57 -57
225 – 250									-284 -356					
250 – 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315 -396	+320	+240	+186	+130	+65
280 – 315	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-350 -431	+190	+110	+56	0	-65
315 – 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390 -479	+350	+265	+202	+140	+70
355 – 400	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-435 -521	+210	+125	+62	0	-70
400 – 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-490 -587	+385	+290	+223	+155	+77
450 – 500	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-540 -637	+230	+135	+68	0	-77

Таблиця 8.3. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	—6 —12	—2 —8	0 —6	+3,0 —3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	—10 —18	—4 —12	0 —8	+4,0 —4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	—13 —22	—5 —14	0 —9	+4,5 —4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	—16 —27	—6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18		—17	—11	—5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	—20 —33	—7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30		—20	—13	—6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	
30 – 40	—25 —41	—9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
40 – 50		—25	—16	—8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
50 – 65	—30 —49	—10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
65 – 80		—29	—19	—9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
80 – 100	—36 —58	—12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
100 – 120		—34	—22	—11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
120 – 140	—43 —68	—14 —39	0 —25	+12,5 —12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+88	+117	+147
+63									+92	+122	
+90									+125	+159	
+65									+100	+134	
140 – 160	—68	—39	—25	—12,5	+3	+15	+27	+4	+93	+133	+171
+68									+108	+146	
160 – 180	—50 —79	—15 —44	0 —29	+14,5 —14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106	+151	+195
+77									+122	+166	
+109									+159	+209	
180 – 200	—79	—44	—29	—14,5	+4	+17	+31	+50	+80	+130	+180
+113									+169	+225	
200 – 225	—56 —88	—17 —49	0 —32	+16,0 —16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+84	+140	+196
+126									+190	+250	
225 – 250	—88	—49	—32	—16,0	+4	+20	+34	+56	+94	+158	+218
+130									+202	+272	
250 – 280	—56 —88	—17 —49	0 —32	+16,0 —16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+98	+158	+218
+130									+202	+272	
280 – 315	—62 —98	—18 —54	0 —36	+18,0 —18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144	+226	+304
+106									+190	+268	
315 – 355	—98	—54	—36	—18,0	+4	+21	+37	+62	+150	+244	+330
+114									+208	+294	
355 – 400	—62 —98	—18 —54	0 —36	+18,0 —18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+166	+272	+370
+126									+232	+330	
400 – 450	—68 —108	—20 —60	0 —40	+20,0 —20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172	+292	+400
+132									+252	+360	
450 – 500	—68 —108	—20 —60	0 —40	+20,0 —20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172	+292	+400
+132									+252	+360	

Продовження табл. 8.3

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14	-6	0	+5	10	—	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	—	+4	+14	+18
Понад 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+41	+4	+8	+19	+23
6 – 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+2t
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
14 – 18	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
24 – 30	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
40 – 50	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
65 – 80	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
100 – 120	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
120 – 140	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
140 – 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
160 – 180	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
180 – 200	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
200 – 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+122	+236
225 – 250	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+122	+236
250 – 280	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+176	+304
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+130	+258
280 – 315	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+176	+304
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+130	+258
315 – 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+186	+380
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+140	+284
355 – 400	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+186	+380
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+140	+284
400 – 450	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+210	+367
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+158	+315
450 – 500									

Продовження табл. 8.3

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхили, мкм													
Від 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	—	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Понад 3 до 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+40	+50	-50	-32	-16	0	+21
	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72	+87	-93	-75	-59	-43	-21
14 – 18								+67	+77					
								+40	+50					
18 – 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	+73	-117	-92	-72	-52	-26
24 – 30							+81	+97	+121					
							+48	+64	+88					
30 – 40	-120						+99	+119	+151					
	-159	-80	-50	-25	0	+19	+60	+80	+112	-80	-50	-25	0	+31
40 – 50	-130	-119	-89	-64	-39	-19	+109	+136	+175	-142	-112	-87	-62	-31
	-169						+70	+97	+136					
50 – 65	-140						+133	+168	+218					
	-186	-100	-60	-30	0	+23	+87	+122	+172	-100	-60	-30	0	+37
65 – 80	-150	-146	-106	-76	-46	-23	+148	+192	+256	-174	-134	-104	-74	-37
	-196						+102	+146	+210					
80 – 100	-170						+178	+232	+312					
	-224	-120	-72	-36	0	+27	+124	+178	+258	-120	-72	-36	0	+43
100 – 120	-180	-174	-126	-90	-54	-27	+198	+264	+364	-207	-159	-123	-87	-43
	-234						+144	+210	+310					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
	-263						+170	+248	+365					
140 – 160	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	+478	-145	-85	-43	0	+50
	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	+415	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
180 – 200	-240						+308	+422	+592					
	-312						+236	+350	+520					
200 – 225	-230	-170	-100	-50	0	+36	+330	+457	+647	-170	-100	-50	0	+57
	-332	-242	-172	-122	-72	-36	+258	+385	+575	-285	-215	-165	-115	-57
225 – 250	-280						+356	+497	+712					
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300						+396	+556	+791					
	-381	-190	-110	-56	0	+40	+315	+475	+710	-190	-110	-56	0	+65
280 – 315	-330	-271	-191	-137	-81	-40	+431	+606	+871	-320	-240	-486	-130	-65
	-411						+350	+525	+790					
315 – 355	-360						+479	+679	+989					
	-449	-210	-125	-62	0	+44	+390	+390	+900	-210	-125	-62	0	+70
355 – 400	-400	-299	-214	-151	-89	-44	+524	+749	+1089	-350	-265	-302	-140	-70
	-489						+435	+660	+1000					
400 – 450	-440						+587	+837	+1197					
	-537	-230	-135	-68	0	+48	+490	+740	+1100	-230	-135	-68	0	+77
450 – 500	-480	-327	-232	-165	-97	-48	+637	+917	+1347	-385	-290	-223	-155	-77
	-577						+540	+820	+1250					

## Практична робота 9. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття 9 – розібратися в суті методу селективної збірки з'єднань.

### Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці. Визначення системи і характеру з'єднання.

2. Визначення: граничних відхилів для сполучення, граничних розмірів, допусків отвору і вала.

3. Визначення: граничних натягів, середнього натягу, допуску посадки.

4. Рахуємо: групові допуски, групові натяги.

5. Будуємо схему полів допусків.

6. Визначаємо: середній груповий натяг і груповий допуск посадки.

7. Встановлюємо: граничні відхили для кожної групи і граничні розміри по групах.

Вихідні дані для розрахунку елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці, наведено в табл. 9.7.

*Приклад 1.* Вихідні дані розрахунку: з'єднання  $\text{Ø}84\text{U}9/\text{h}9$ ,  $n=3$ .

Посадка в системі вала з натягом.

Знаходимо граничні відхили для сполучення (табл. 9.8 і 9.9):

$\text{Ø}84\text{U}9$ :  $ES = -124 \text{ мкм} = -0,124 \text{ мм}$ ;  $EI = -178 \text{ мкм} = -0,178 \text{ мм}$ .

$\text{Ø}84\text{h}9$ :  $es = 0$ ,  $ei = -54 \text{ мкм} = -0,054 \text{ мм}$ .

Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

$D_{\max} = 84 + (-0,124) = 83,876 \text{ мм}$ ;  $D_{\min} = 84 + (-0,178) = 83,822 \text{ мм}$ ;

$d_{\max} = 84 + 0 = 84,000 \text{ мм}$ ;  $d_{\min} = 84 + (-0,054) = 83,946 \text{ мм}$ .

Допуски отвору і вала підраховуємо за формулою:

$TD = ES - EI = -0,124 - (-0,178) = +0,054 \text{ мм}$ ;

$Td = es - ei = 0 - (-0,054) = +0,054 \text{ мм}$ .

Граничні натяги визначаємо за формулами:

$N_{\min} = ei - ES = (-0,054) - (-0,124) = 0,070 \text{ мм}$ ;

$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,178) = 0,178 \text{ мм}$ .

Визначаємо середнє значення натягу за формулою:

$N_{\text{сер}} = (N_{\min} + N_{\max})/2 = (0,070 + 0,178)/2 = 0,124 \text{ мм}$ .

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$T(N) = N_{\max} - N_{\min} = 0,178 - 0,070 = 0,108 \text{ мм}$ .

Перевірочна формула:

$T(N) = TD + Td = 0,054 + 0,054 = 0,108 \text{ мм}$ .

Визначаємо груповий допуск за формулами:

отвору  $TD_{\text{гр}} = TD/n = 0,054/3 = 0,018 \text{ мм}$ ; вала  $Td_{\text{гр}} = Td/n = 0,054/3 = 0,018 \text{ мм}$ .

Групові натяги підраховуємо за формулами:

- для першої групи:

$N_{\min I} = N_{\min} + Td - Td_{\text{гр}} = 0,070 + 0,054 - 0,018 = 0,106 \text{ мм}$ ;

$N_{\max I} = N_{\max} - Td + Td_{\text{гр}} = 0,178 - 0,054 + 0,018 = 0,142 \text{ мм}$ ;

- для другої групи:



$$N_{\min II} = N_{\min} + Td - Td/n = 0,070 + 0,054 - 0,054/3 = 0,106 \text{ мм};$$

$$N_{\max II} = N_{\max} - Td + Td/n = 0,178 - 0,054 + 0,054/3 = 0,142 \text{ мм};$$

- для третьей группы:

$$N_{\min III} = N_{\min} + Td - Td/n = 0,070 + 0,054 - 0,054/3 = 0,106 \text{ мм};$$

$$N_{\max III} = N_{\max} - Td + Td/n = 0,178 - 0,054 + 0,054/3 = 0,142 \text{ мм}.$$

Схеми розташування полів допусків з'єднання Ø84U9/h9 наведено на рис. 9.1.

Середній груповий натяг визначаємо за формулою:  
 $N_{\text{сер.гр}} = (N_{\min.\text{гр}} + N_{\max.\text{гр}})/2 =$   
 $= (0,106 + 0,142)/2 = 0,124 \text{ мм}.$

Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:  
 $TN_{\text{гр}} = TD_{\text{гр}} + Td_{\text{гр}} = 0,018 + 0,018 =$   
 $= 0,036 \text{ мм}.$   
 $TN_{\text{гр}} = N_{\max I} - N_{\min I} =$   
 $= 0,142 - 0,106 = 0,036 \text{ мм}.$

Встановлюємо граничні відхилення для кожної групи і результат заносимо до табл. 9.1. Граничні розміри по групах вносимо до табл. 9.2.

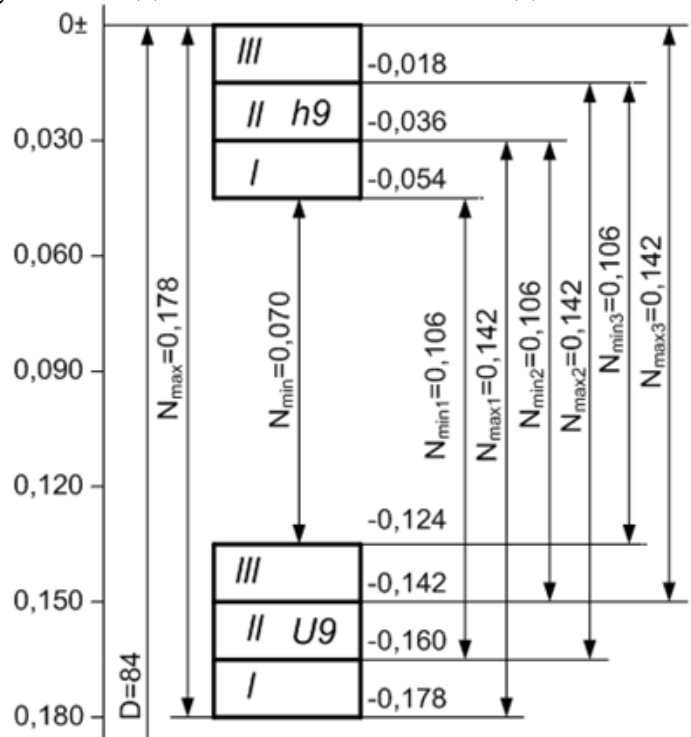


Рис. 9.1. Схема розташування полів Допусків з'єднання Ø84U9/h9

Таблиця 9.1

Граничні відхилення для кожної групи

Деталь	Номер розмірних груп		
	I	II	III
Вал	$84_{-0,036}^{-0,054}$	$84_{-0,018}^{-0,036}$	$84_{-0,018}$
Отвір	$84_{-0,160}^{-0,178}$	$84_{-0,142}^{-0,160}$	$84_{-0,124}^{-0,142}$

Таблиця 9.2

Граничні розміри за групами

Розміри деталей	Номер розмірних груп		
	I	II	III
Вал $d_{\max}$ $d_{\min}$	83,964	83,982	84,000
	83,946	83,964	83,982
Отвір $D_{\max}$ $D_{\min}$	83,840	83,858	83,876
	83,822	83,840	83,858

Приклад 2. Вихідні дані розрахунку: Ø160F9/h9, n = 2.

Посадка в системі вала з зазором.

Знаходимо граничні відхилення для сполучення (табл. 9.8 і 9.9):

Ø160F9: ES = +143 мкм = +0,143 мм, EI = +43 мкм = +0,043 мм;

Ø160h9: es = 0 мм, ei = -100 мкм = -0,100 мм.

Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

$D_{\max} = D + ES = 160 + 0,143 = 160,143 \text{ мм};$

$D_{\min} = D + EI = 160 + 0,043 = 160,043 \text{ мм};$

$d_{\max} = D + es = 160 + 0 = 160,000 \text{ мм};$

$d_{\min} = D + ei = 160 + (-0,100) = 159,900 \text{ мм}.$

Допуски отвору і вала підраховуємо за формулами:

$$TD=ES-EI=0,143-0,043=0,100 \text{ мм};$$

$$Td=es-ei=0-(-0,100)=+0,100 \text{ мм}.$$

Граничні зазори визначаємо за формулами:

$$S_{\max}=ES-ei=0,143-(-0,100)=0,243 \text{ мм};$$

$$S_{\min}=EI-es=0,043-0=0,043 \text{ мм}.$$

Визначаємо середнє значення зазору за формулою:

$$S_{\text{сеп}}=(S_{\min}+S_{\max})/2=(0,243+0,043)/2=0,143 \text{ мм}.$$

Допуск посадки визначаємо за формулою (3.9):

$$TS=S_{\max}-S_{\min}=0,243-0,043=0,200 \text{ мм}.$$

Перевірні формула:

$$TS=TD+Td=0,100+0,100=0,200 \text{ мм}.$$

Визначаємо груповий допуск за формулами:

$$\text{отвору } TD_{\text{гр}}=TD/n=0,100/2=0,050 \text{ мм}; \text{ вала } Td_{\text{гр}}=Td/n=0,100/2=0,050 \text{ мм}.$$

Групові зазори вираховуємо за формулами:

- для першої групи:

$$S_{\min I}=S_{\min}+Td-Td/n=0,043+0,100-0,100/2=0,093 \text{ мм};$$

$$S_{\max I}=S_{\max}-Td+Td/n=0,243-0,100+0,100/2=0,193 \text{ мм};$$

- для другої групи:

$$S_{\min II}=S_{\min}+Td-Td/n=0,043+0,100-0,100/2=0,093 \text{ мм};$$

$$S_{\max II}=S_{\max}-Td+Td/n=0,243-0,100+0,100/2=0,193 \text{ мм}.$$

Середній груповий зазор визначаємо за формулою:

$$S_{\text{сеп.гр}}=(S_{\min.\text{гр}}+S_{\max.\text{гр}})/2=(0,093+0,193)/2=0,143 \text{ мм}.$$

Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:

$$TS_{\text{гр}}=TD_{\text{гр}}+Td_{\text{гр}}=0,050+0,050=0,100 \text{ мм}.$$

$$TS_{\text{гр}}=S_{\max I}-S_{\min I}=0,193-0,093=0,100 \text{ мм}.$$

Установлюємо граничні відхилення для кожної групи і результат вносимо до табл. 9.3. Граничні розміри за групами вносимо до табл. 9.4.

Деталь	Номери розмірних груп	
	I	II
Отвір	160 <sup>+0,093</sup> <sub>+0,043</sub>	160 <sup>+0,143</sup> <sub>+0,093</sub>
Вал	160 <sup>-0,050</sup> <sub>-0,100</sub>	160 <sup>-0,050</sup>

Деталь	Номери розмірних груп	
	I	II
Отвір $D_{\max}$ $D_{\min}$	160,093	160,143
	160,043	160,093
Вал $d_{\max}$ $d_{\min}$	159,950	160,000
	159,900	159,950

Будуємо схему розташування полів допусків з'єднання  $\text{Ø}160\text{F9}/\text{h9}$  (рис. 9.2).

*Приклад 3.* Вихідні дані розрахунку  $\text{Ø}50\text{H7}/\text{m7}$ ,  $n=2$ .

Посадка в системі отвору перехідна.

Граничні відхилення для сполучення з розширеним полем допуску (табл. 9.8 і 9.9):  $\text{Ø}50\text{H7-ES} = +25 \text{ мкм} = +0,025 \text{ мм}$ ,  $EI = 0$ ;  $\text{Ø}50\text{m7-es} = +34 \text{ мкм} = +0,034 \text{ мм}$ ,  $ei = +9 \text{ мкм} = +0,009 \text{ мм}$ .

Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

$$D_{\max} = D + ES = 50 + 0,025 = 50,025 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 50 + 0 = 50,000 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = D + es = 50 + 0,034 = 50,034 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = D + ei = 50 + 0,009 = 50,009 \text{ мм}.$$

Допуски отвору і вала підраховуємо за формулами:

$$TD = ES - EI = +0,025 - 0 = 0,025 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = +0,034 - 0,009 = 0,025 \text{ мм}.$$

Граничні зазори і натяги визначаємо за формулами:

$$S_{\max} = ES - ei = 0,025 - 0,009 = 0,016$$

мм;

$$N_{\max} = es - EI = 0,034 - 0 = 0,034 \text{ мм}.$$

$$N_{\text{сер}} = (N_{\max} + N_{\min}) / 2 =$$

$$= (0,034 - 0,016) / 2 = 0,009 \text{ мм}.$$

Допуск посадки:

$$T(S, N) = S_{\max} + N_{\max} = 0,016 + 0,034 = 0,050 \text{ мм};$$

$$TS = TD + Td = 0,025 + 0,025 = 0,050 \text{ мм}.$$

Груповий допуск:

$$\text{отвору } TD_{\text{гр}} = TD / n = 0,025 / 2 = 0,0125 \text{ мм};$$

$$\text{вала } Td_{\text{гр}} = Td / n = 0,025 / 2 = 0,0125 \text{ мм}.$$

Визначаємо групові зазори і натяги:

перша група:

$$S_{\max I} = S_{\max} - TD + TD / n = 0,016 - 0,025 + 0,025 / 2 = 0,0035 \text{ мм};$$

$$N_{\max I} = N_{\max} - TD + TD / n = 0,034 - 0,025 + 0,025 / 2 = 0,0215 \text{ мм};$$

друга група

$$S_{\max II} = S_{\max} - TD + TD / n = 0,016 - 0,025 + 0,025 / 2 = 0,0035 \text{ мм};$$

$$N_{\max II} = N_{\max} - TD + TD / n = 0,034 - 0,025 + 0,025 / 2 = 0,0215 \text{ мм};$$

Середній груповий натяг:

$$N_{\text{гр.сер}} = (N_{\max.\text{гр}} + N_{\min.\text{гр}}) / 2 = (0,0215 - 0,0035) / 2 = 0,009 \text{ мм}.$$

Встановлюємо граничні відхилення для кожної групи і результат заносимо в табл. 9.5. Граничні розміри по групах вносимо до табл. 9.6.

Будуємо схему розташування полів допусків з'єднання  $\varnothing 50\text{H}7/\text{m}7$  (рис. 9.3).

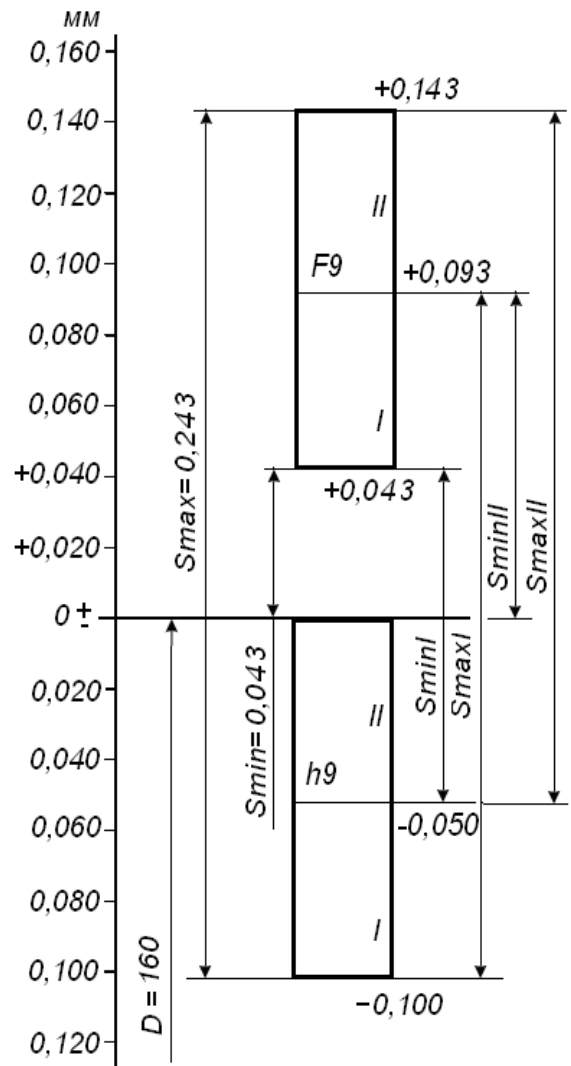


Рис. 9.2. Схема розташування полів допусків з'єднання  $\varnothing 160\text{F}9/\text{h}9$

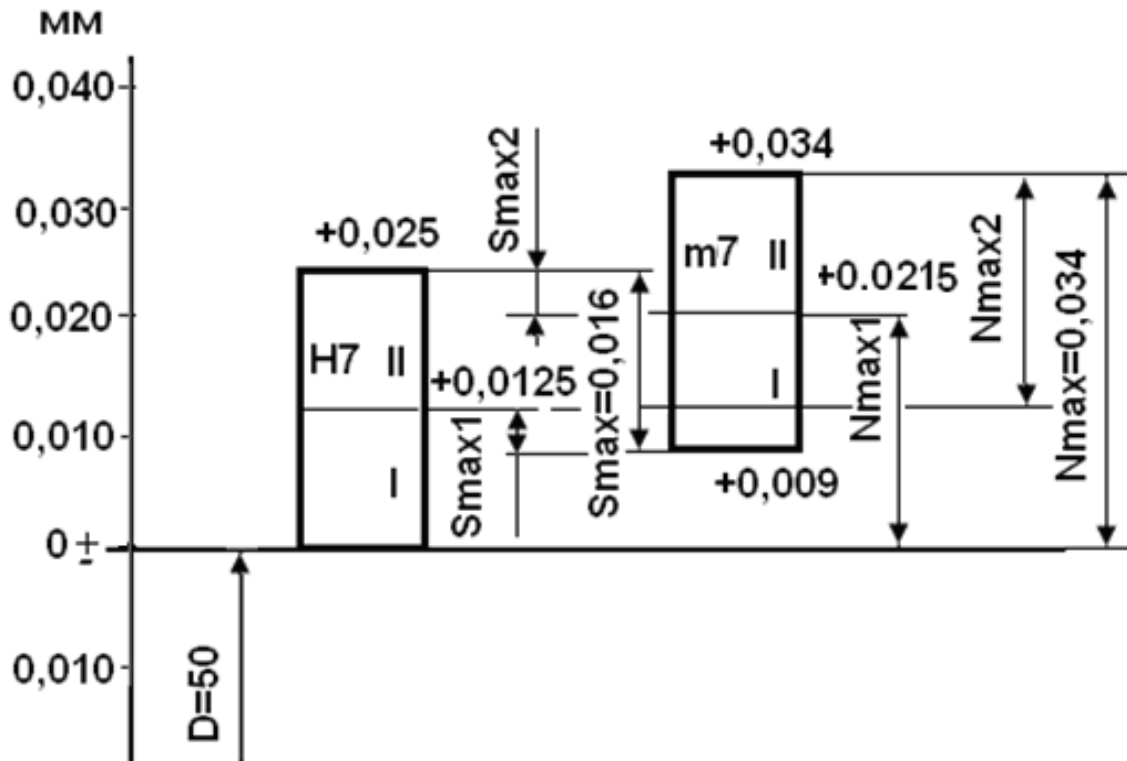


Рис. 9.3. Схема розташування полів допусків з'єднання  $\varnothing 50H7/m7$

Таблиця 9.5. Граничні відхилення для кожної групи

Деталь	номери розмірних груп	
	I	II
Отвір	$50^{+0,0125}$	$50^{+0,0250}_{+0,0125}$
Вал	$50^{+0,0215}_{+0,0090}$	$50^{+0,0340}_{+0,0215}$

Таблиця 9.6. Граничні розміри за групами

Деталь	номери розмірних груп	
	I	II
Отвір $D_{\max}$	50,0125	50,0250
$D_{\min}$	50,0000	50,0125
Вал $d_{\max}$	50,0215	50,0340
$d_{\min}$	50,0090	50,0215

Таблиця 9.7. Вихідні дані для визначення основних елементів

селективного сполучення (задача 9)

Вар	Посадка	n	Вар.	Посадка	n	Вар	Посадка	n
1	Ø120H8/k8	3п	23	Ø25H9/f9	4з	45	Ø30H9/p9	4
2	Ø18H8/d8	3з	24	Ø69H7/u7	3н	46	Ø88H8/d8	3
3	Ø126E9/h9	4з	25	Ø120F8/h8	3з	47	Ø22C9/h9	4
4	Ø120H9/js9	3п	26	Ø30K9/h9	2п	48	Ø100H8/k8	3
5	Ø70P7/h7	3п	27	Ø125H8/g8	3з	49	Ø80H9/p9	3
6	Ø24H9/k9	4п	28	Ø160F9/h9	2з	50	Ø50P7/h7	3
7	Ø50H8/d8	3з	29	Ø24H8/e8	3з	51	Ø30H9/k9	4
8	Ø24H8/e8	3з	30	Ø36K6/h6	4п	52	Ø75H8/d8	3
9	Ø36H8/d8	3з	31	Ø10H9/k9	3п	53	Ø34H8/e8	3
10	Ø100H8/d8	2з	32	Ø82H8/z8	3н	54	Ø74U9/h9	3
11	Ø80G8/h8	2з	33	Ø63S7/h7	3н	55	Ø8S7/h7	3
12	Ø100H9/f9	3з	34	Ø20H9/m9	4п	56	Ø65H7/u7	3
13	Ø24F9/h9	4з	35	Ø32H6/m8	3п	57	Ø88H9/z9	3
14	Ø90H8/c8	3з	36	Ø110H8/k8	3п	58	Ø66S7/h7	3
15	Ø140H9/js9	4п	37	Ø15H8/f8	3з	59	Ø110V9/h9	4
16	Ø60N8/h8	2п	38	Ø140V9/h9	4н	60	Ø140H8/k8	3
17	Ø110D9/h9	3з	39	Ø64T7/h7	3н	61	Ø42H6/m8	3
18	Ø84JS9/h9	3п	40	Ø84R9/h9	3н	62	Ø20H9/m9	4
19	Ø50H7/m7	2п	41	Ø105D9/h9	3з	63	Ø50H9/k9	3
20	Ø8S7/h7	3н	42	Ø56F8/h8	2з	64	Ø70K9/h9	2
21	Ø140F8/h8	3з	43	Ø60H7/m7	2п	65	Ø22X8/h8	3
22	Ø52U8/h8	3н	44	Ø18H8/d8	3з			

Таблиця 9.8. Граничні відхили отворів розмірами від 1 до 500 мм

## (за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	—
14 – 18	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	—
18 – 24	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	—
24 – 30	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-33 -54
30 – 40	+50	+3	+25	+12	+1	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
40 – 50	+25	-9	0	-12	-18	-25	-33	-44	-50	-59	-45 -70
50 – 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55 -85
65 – 80	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-62	-78	-64 -94
80 – 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-78 -113
100 – 120	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-73	-93	-41 -76 -101 -126
120 – 140									-48 -88	-77 -117	-107 -147
140 – 160	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-50 -90	-85 -125	-119 -159
160 – 180									-53 -93	-93 -133	-131 -171
180 – 200									-60 -106	-105 -151	-149 -195
200 – 225	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-63 -109	-113 -159	-163 -209
225 – 250									-67 -113	-123 -169	-179 -225
250 – 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-74 -126	-138 -190	-198 -250
280 – 315	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-78 -130	-150 -202	-220 -272
315 – 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-87 -144	-169 -226	-247 -304
355 – 400	-62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-93 -150	-187 -244	-273 -330
400 – 450	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	-103 -166	-209 -272	-307 -370
450 – 500	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	-109 -172	-229 -292	-337 -400

Продовження табл. 9.8

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	JS9
	Граничні відхили, мкм													
Від 1 до 3	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+4 0	+7 -7	0 -11	-	-1 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12
Понад 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+22 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15
6 – 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18
10 – 14	+77	459	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
14 – 18	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
18 – 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-11 -74	+117	+92	+72	+52	+26
24 – 30	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-48 -81	+65	+40	+20	0	-26
30 – 40	+119	+89	+61	+39	+19	+12	+5	-3	-60 -99	+142	+112	+87	+62	+31
40 – 50	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-70 -109	+80	+50	+25	0	-31
50 – 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87 -133	+174	+131	+104	+74	+37
65 – 80	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-102 -148	+100	+60	+30	0	-37
80 – 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-124 -178	+207	+159	+123	+87	+43
100 – 120	+120	+72	+36	0	127	-38	-48	-58	-144 -198	+120	+72	+36	0	-43
120 – 140									-170 -233					
140 – 160	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	-190 -253	+245 +145	+165 +85	+143 +43	+100 0	+50 -50
160 – 180									-210 -273					
180 – 200									-236 -308					
200 – 226	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	-258 -330	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+57 -57
225 – 250									-284 -356					
250 – 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315 -396	+320	+240	+186	+130	+65
280 – 315	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-350 -431	+190	+110	+56	0	-65
315 – 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390 -479	+350	+265	+202	+140	+70
355 – 400	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-435 -521	+210	+125	+62	0	-70
400 – 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-490 -587	+385	+290	+223	+155	+77
450 – 500	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-540 -637	+230	+135	+68	0	-77

Таблиця 9.9. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм

## (за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхилення, мкм										
Від 1 до 3	-6 -12	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	-16	-6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18	-27	-17	-11	-5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	-20	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30	-33	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	
30 – 40	-25	-9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
40 – 50	-41	-25	-16	-8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
50 – 65	-30	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
65 – 80	-49	-29	-19	-9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
80 – 100	-36	-12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
100 – 120	-58	-34	-22	-11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
120 – 140									+88 +63	+117 +92	+147 +122
140 – 160	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+90 +65	+125 +100	+159 +134
160 – 180									+93 +68	+133 +108	+171 +146
180 – 200									+106 +77	+151 +122	+195 +166
200 – 225	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180
225 – 250									+113 +84	+169 +140	+225 +196
250 – 280	-56	-17	0	+16,0	+36	+52	+66	+88	+126 +94	+190 +158	+250 +218
280 – 315	-88	-49	-32	-16,0	+4	+20	+34	+56	+130 +98	+202 +170	+272 +240
315 – 355	-62	-18	0	+18,0	+40	+57	+73	+98	+144 +106	+226 +190	+304 +268
355 – 400	-98	-54	-36	-18,0	+4	+21	+37	+62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
400 – 450	-68	-20	0	+20,0	+45	+63	+80	+108	+166 +126	+272 +232	+370 +330
450 – 500	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+172 +132	+292 +252	+400 +360

Продовження табл. 9.9



Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14 -24	-6 -16	0 -10	+5 -5	10 0	—	+14 +4	+24 +14	+28 +18
Понад 3 до 6	-20 -32	-10 -22	0 -12	+6 -6	+13 +41	+16 +4	+20 +8	+31 +19	+35 +23
6 – 10	-25 -40	-13 -28	0 -15	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+38 +23	+43 +2t
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
14 – 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62 +41
24 – 30	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+69 +48
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85 +60
40 – 50	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+96 +70
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83 +53	+117 +87
65 – 80	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+89 +59	+132 +102
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106 +71	+159 +124
100 – 120	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+114 +79	+179 +144
120 – 140								+132 +92	+210 +170
140 – 160	-85 -125	-43 -83	0 -40	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+140 +100	+230 +190
160 – 180								+148 +108	+250 +210
180 – 200								+168 +122	+282 +236
200 – 225	-100 -146	-50 -96	0 -46	+23 23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+176 +130	+304 +258
225 – 250								+186 +140	+380 +284
250 – 280	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+210 +158	+367 +315
280 – 315	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+222 +170	+402 +350
315 – 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+247 +190	+447 +390
355 – 400	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+265 +208	+492 +435
400 – 450	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+296 +232	+553 +490
450 – 500	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+315 +252	+603 +540

Продовження табл. 9.9

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	—	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Понад 3 до 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14								+67	+77					
	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+40	+50	-50	-32	-16	0	+21
14 – 18	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72	+87	-93	-75	-59	-43	-21
								+45	+60					
18 – 24							+74	+87	+106					
	-110	-65	-40	-20	0	+16	+41	+54	+73	-65	-40	-20	0	+26
24 – 30	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+81	+97	+121	-117	-92	-72	-52	-26
							+48	+64	+88					
30 – 40	-120						+99	+119	+151					
	-159	-80	-50	-25	0	+19	+60	+80	+112	-80	-50	-25	0	+31
40 – 50	-130	-119	-89	-64	-39	-19	+109	+136	+175	-142	-112	-87	-62	-31
	-169						+70	+97	+136					
50 – 65	-140						+133	+168	+218					
	-186	-100	-60	-30	0	+23	+87	+122	+172	-100	-60	-30	0	+37
65 – 80	-150	-146	-106	-76	-46	-23	+148	+192	+256	-174	-134	-104	-74	-37
	-196						+102	+146	+210					
80 – 100	-170						+178	+232	+312					
	-224	-120	-72	-36	0	+27	+124	+178	+258	-120	-72	-36	0	+43
100 – 120	-180	-174	-126	-90	-54	-27	+198	+264	+364	-207	-159	-123	-87	-43
	-234						+144	+210	+310					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
	-263						+170	+248	+365					
140 – 160	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	+478	-145	-85	-43	0	+50
	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	+415	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
180 – 200	-240						+308	+422	+592					
	-312						+236	+350	+520					
200 – 225	-230	-170	-100	-50	0	+36	+330	+457	+647	-170	-100	-50	0	+57
	-332	-242	-172	-122	-72	-36	+258	+385	+575	-285	-215	-165	-115	-57
225 – 250	-280						+356	+497	+712					
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300						+396	+556	+791					
	-381	-190	-110	-56	0	+40	+315	+475	+710	-190	-110	-56	0	+65
280 – 315	-330	-271	-191	-137	-81	-40	+431	+606	+871	-320	-240	-486	-130	-65
	-411						+350	+525	+790					
315 – 355	-360						+479	+679	+989					
	-449	-210	-125	-62	0	+44	+390	+390	+900	-210	-125	-62	0	+70
355 – 400	-400	-299	-214	-151	-89	-44	+524	+749	+1089	-350	-265	-302	-140	-70
	-489						+435	+660	+1000					
400 – 450	-440						+587	+837	+1197					
	-537	-230	-135	-68	0	+48	+490	+740	+1100	-230	-135	-68	0	+77
450 – 500	-480	-327	-232	-165	-97	-48	+637	+917	+1347	-385	-290	-223	-155	-77
	-577						+540	+820	+1250					

## Практична робота 10. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення

*Обладнання:* методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття 1—засвоїти методику розрахунку і вибору посадок циркуляційно і місцево навантажених кілець вальниць кочення з врахуванням конкретних умов (розмірів, навантаження).

### Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку і вибору посадок для сполучень вальниць кочення.
2. Визначення геометричних розмірів і класа точності вальниці.
3. Визначення: інтенсивність навантаження посадочної поверхні вала під внутрішнє циркуляційно навантажене кільце вальниці; граничних відхилів діаметра циліндричного отвору внутрішнього кільця вальниці; посадки внутрішнього кільця вальниці на вал.
4. Накреслити схему розташування полів допусків внутрішнього і зовнішнього кілець вальниці кочення.
5. Визначення: поля допуску посадочної поверхні діаметра отвору в корпусі під зовнішнє місцево навантажене кільце вальниці; граничних відхилів зовнішнього діаметра зовнішнього кільця вальниці; посадку зовнішнього кільця вальниці в корпус.
6. Складальний і подетальні кресленки складаної одиниці вальниці.

Вихідні дані для розрахунку сполучень вальниць кочення наведено в табл. 10.1.

*Приклад.* Вальниця кочення №206, радіальне навантаження на вальницю  $R = 2,0$  кН. Умови роботи вальниці: вал обертається, корпус нерухомий, вал суцільний, корпус масивний нерознімний, навантаження радіальне, спокійне, з помірними поштовхами і вібрацією, можливе перевантаження вальниці до 150 %.

Визначаємо геометричні розміри вальниці (табл. 10.2). Для вказаної вальниці, мм:  $d = 30$ ,  $D = 62$ ,  $B = 16$ ,  $r = 1,5$ .

Клас точності вальниці нульовий. Оскільки за умовою завдання обертається вал, то внутрішнє кільце вальниці матиме циркуляційне навантаження, а зовнішнє – місцеве.

Визначаємо мінімальний натяг формулою:

$$N_{\min} = \frac{13R \cdot k}{[(B - 2r)10^6]},$$

де  $N_{\min}$  – найменший розрахунковий натяг, що забезпечує необхідну міцність з'єднання циркуляційно навантаженого кільця вальниці з валом, мм;  $R$  – радіальне навантаження на вальницю, Н;  $k$  – конструктивний коефіцієнт, що залежить від серії вальниці (особливо легка серія –  $k = 3,5$ ; легка серія –  $k = 2,8$ ; середня серія –  $k = 2,3$ ; важка серія –  $k = 2,0$ ).

$$N_{\min} = \frac{13 \cdot 2,0 \cdot 10^3 \cdot 2,8}{(16 - 2 \cdot 1,5) \cdot 10^6} = 0,0056 \text{ мм} = 5,6 \text{ мкм.}$$

Граничні відхилення діаметра отвору внутрішнього кільця вальниці Ø30L0 знаходимо за табл. 10.3: EI = -0,01 мм, ES = 0.

Приймаємо поле допуску вала k6, тобто Ø30k6. За табл. 7.6 маємо: es = +15 мкм = +0,015 мм, ei = +2 мкм = +0,002 мм.

Тоді посадка внутрішнього кільця вальниці кочення на вал Ø30L0/k6.

Визначаємо граничні натяги:

$$N_{\min} = ei - ES = 0,002 - 0 = 0,002 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0,015 - (-0,010) = 0,025 \text{ мм.}$$

Умова  $N_{\min.ct} \geq N_{\min}$  не виконується.

Приймаємо посадку Ø30L0/m6. Для поля допуску вала Ø30m6 маємо (табл. А.6): es = +21 мкм = +0,021 мм, ei = +8 мкм = +0,008 мм.

Визначаємо граничні натяги:

$$N_{\min.ct} = ei - ES = 0,008 - 0 = 0,008 \text{ мм};$$

$$N_{\max.ct} = es - EI = 0,021 - (-0,010) = 0,031 \text{ мм.}$$

Умова  $N_{\min.ct} \geq N_{\min}$   $N_{\min.ct} = 0,008 \text{ мм} > N_{\min} = 0,0056 \text{ мм}$  виконується.

Перевіряємо правильність вибору посадки, виходячи із умови міцності, для цього визначаємо допустимий натяг:

$$N_{\text{доп}} = \frac{11,4 \cdot k \cdot d \cdot [\sigma_p]}{(2 \cdot k - 2) \cdot 10^6}$$

де d – номінальний діаметр сполученого кільця вальниці, мм;  $[\sigma_p]$  – допустиме напруження за розтягування (для сталі вальниць марки ШХ15  $[\sigma_p] = 400 \text{ МПа}$ ).

$$N_{\text{доп}} = \frac{11,4 \cdot 2,8 \cdot 30 \cdot 400}{(2 \cdot 2,8 - 2) \cdot 10^6} = 0,1064 \text{ мм} = 106,4 \text{ мкм.}$$

Перевіряємо міцність з'єднання, дотримуючись умови:  $N_{\max.ct} \leq N_{\text{доп}}$ .

Умова  $N_{\max.ct} = 0,031 \text{ мм} < N_{\text{доп}} = 0,1064 \text{ мм}$  виконується.

Тут  $N_{\max.ct}$  – найбільший натяг стандартної посадки.

Схему розташування полів допусків внутрішнього кільця вальниці наведено на рис. 10.1.

Визначення: поля допуску посадочної поверхні діаметра отвору в корпусі під зовнішнє місцево навантажене кільце вальниці; граничних відхилів зовнішнього діаметра зовнішнього кільця вальниці; посадки зовнішнього кільця вальниці в корпус.

Поле допуску посадочної поверхні діаметра отвору в корпусі під зовнішнє місцево навантажене кільце вальниці призначаємо за табл. 10.7

За діаметра отвору D=62 мм для заданих умов роботи вальниці приймаємо поле допуску H7 (для вальниці нульового класу точності), тобто Ø62 H7<sup>(+0.030)</sup> (див. табл. 10.8).

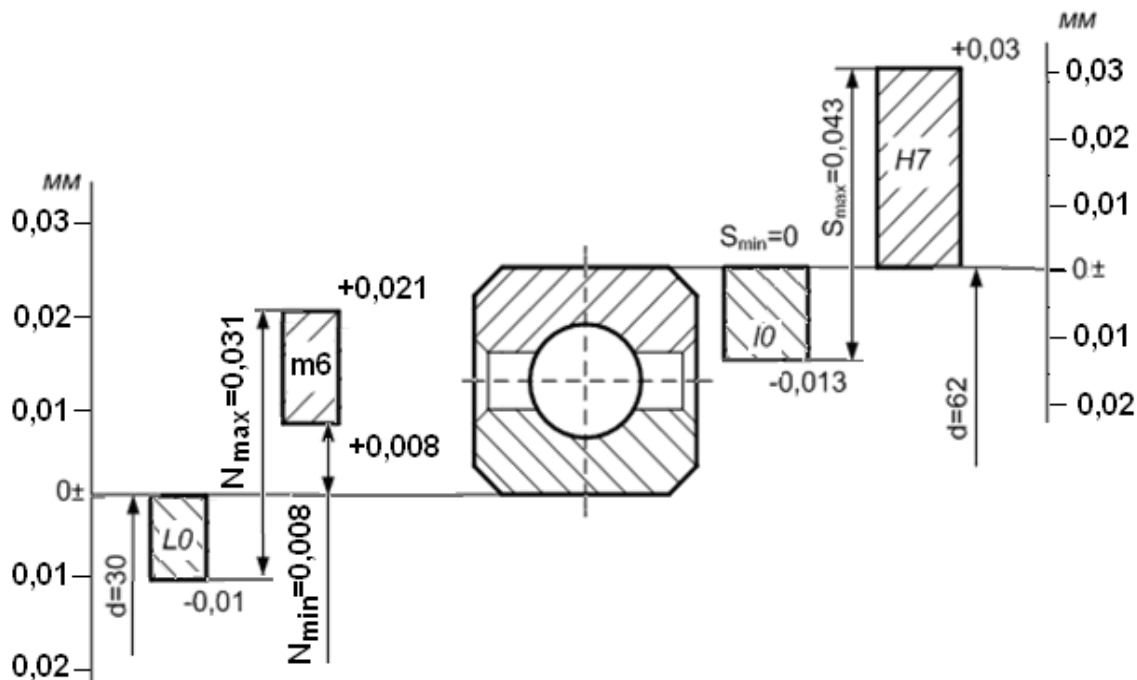


Рис. 10.1. Схема розташування полів допусків кілець вальниці та посадочних поверхонь вала і отвору в корпусі

Граничні відхилення зовнішнього діаметра зовнішнього кільця вальниці  $\varnothing 62H7$  знаходимо за табл. 10.4:  $e_i = -0,013$  мм,  $e_s = 0$ .

Тоді посадка зовнішнього кільця вальниці в корпус  $\varnothing 62 H7/10$ .

Визначаємо граничні зазори:

$$S_{\min} = EI - e_s = 0 - 0 = 0 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = ES - e_i = 0,030 - (-0,013) = 0,043 \text{ мм}.$$

Схему розташування полів допусків зовнішнього кільця вальниці наведено на рис. 10.1.

6.Складальний і подетальні кресленики складаної одиниці вальниці.

Складальний і подетальні кресленики складаної одиниці вальниці наведено на рис. 10.2.

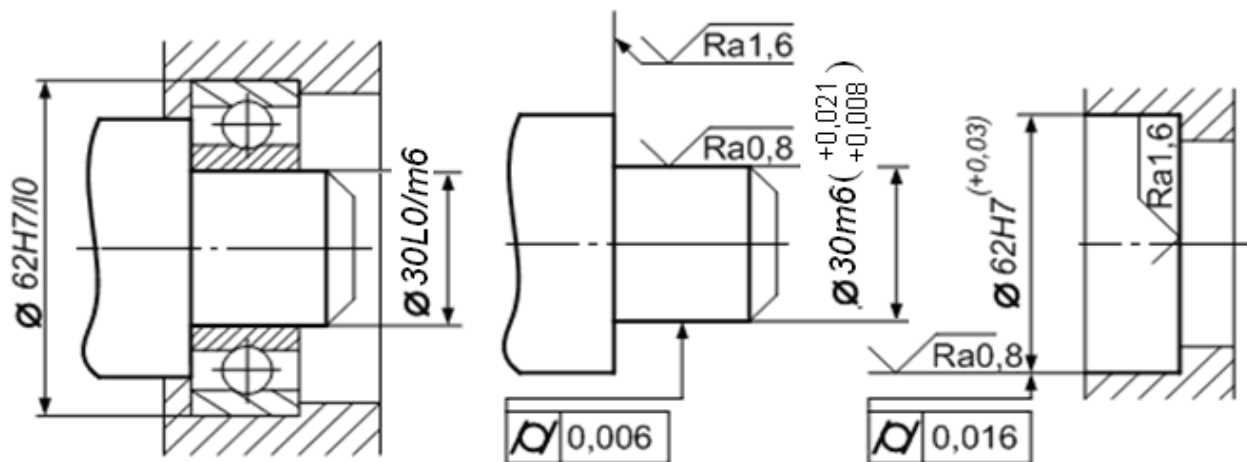


Рис. 10.2. Складальний і подетальні кресленики складаної одиниці вальниці

Таблиця 10.1. Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок для деталей, які з'єднуються з вальницями кочення

Варі-ант	Номер вальниці	Радіальне навантаж, R, кН	Варі-ант	Номер вальниці	Радіальне навантаж, R, кН	Варі-ант	Номер вальниці	Радіальне навантаж, R, кН
1	106	1,8	35	406	10,5	68	3614	17,0
2	107	2,0	36	407	11,0	69	3615	17,5
3	108	2,2	37	408	11,5	70	3616	18,0
4	109	2,4	38	409	12,0	71	3617	18,5
5	110	2,0	39	410	12,5	72	7210	5,0
6	111	2,4	40	411	13,0	73	7211	5,5
7	112	2,8	41	412	13,5	74	7212	6,0
8	113	3,2	42	1204	2,5	75	7213	6,5
9	114	3,0	43	1205	3,0	76	7214	7,0
10	204	4,5	44	1206	3,5	77	7215	7,5
11	205	2,0	45	1207	4,0	78	7216	8,0
12	206	2,1	46	1208	4,5	79	7217	8,5
13	207	2,6	47	1209	5,0	80	36206	4,0
14	208	2,8	48	1210	5,5	81	36207	4,5
15	209	3,0	49	1211	6,0	82	36208	5,0
16	210	3,5	50	1212	6,5	83	36209	6,5
17	211	4,0	51	1213	7,0	84	36210	7,0
18	212	4,5	52	1214	7,5	85	36211	7,5
19	213	4,8	53	1306	4,5	86	36212	9,0
20	214	5,0	54	1307	5,0	87	36213	9,5
21	304	4,5	55	1308	5,5	88	7310	5,0
22	305	2,5	56	1309	6,0	89	7311	5,5
23	306	3,0	57	1310	6,5	90	7312	6,0
24	307	3,5	58	1311	7,0	91	7313	6,5
25	308	4,0	59	1312	7,5	92	7314	7,0
26	309	4,5	60	1313	8,0	93	7315	7,5
27	310	5,0	61	1314	8,5	94	7316	8,0
28	311	5,5	62	3608	14,0	95	7317	8,5
29	312	6,0	63	3609	14,5	96	7318	9,0
30	313	5,8	64	3610	15,0	97	7319	10,0
31	314	6,0	65	3611	15,5	98	7320	11,0
32	315	6,2	66	3612	16,0	99	7321	12,0
33	405	10,0	67	3613	16,5	100	7322	13,0
34	405	10,0						

Таблиця 10.2. Параметри вальниць (підшипників) кочення, завдання 5

Номер варіанту	Номер підшипника	Радіальне навантаження, кН	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	r <sub>1</sub> , мм
1	2	3	4	5	6	7	8
Радіальний кульковий однорядний, особлива легка серія							
1	105	1,6	25	47	12	1	
2	106	1,8	30	55	13	1,5	
3	107	2,0	35	62	14	1,5	
4	108	2,2	40	68	15	1,5	
5	109	2,4	45	75	16	1,5	
6	110	2,0	50	80	16	1,5	
7	111	2,4	55	90	18	2	
8	112	2,8	60	95	18	2	
9	113	3,2	65	100	18	2	
10	114	3,0	70	110	20	2	
Радіальний кульковий однорядний, легка серія							
11	204	4,5	20	47	14	1,5	
12	205	2,0	25	52	15	1,5	
13	206	2,1	30	62	16	1,5	
14	207	2,6	35	72	17	2	
15	208	2,8	40	80	18	2	
16	209	3,0	45	85	19	2	
17	210	3,5	50	90	20	2	
18	211	4,0	55	100	21	2,5	
19	212	4,5	60	110	22	2,5	
20	213	4,8	65	120	23	2,5	
21	214	5,0	70	125	24	2,5	

Продовження табл. 10.2

Номер варіанту	Номер підшипника	Радіальне навантаження, кН	d, мм	D, мм	B, мм	R	r <sub>1</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Радіальний кульковий однорядний, середня серія							
22	304	4,5	20	52	15	2	
23	305	2,5	25	62	17	2	
24	306	3,0	30	72	19	2	
25	307	3,5	35	80	21	2,5	
26	308	4,0	40	90	23	2,5	
27	309	4,5	45	100	25	2,5	
28	310	5,0	50	110	27	3	
29	311	5,5	55	120	29	3	
30	312	6,0	60	130	31	4	
31	313	5,8	65	140	33	4	
32	314	6,0	70	150	35	4	
33	315	6,2	75	160	40	4	
Радіальний кульковий однорядний, важка серія							
34	405	10,0	25	25	62	17	2
35	406	10,5	30	72	19	2	
36	407	11,0	35	80	21	2,5	
37	408	11,5	40	90	23	2,5	
38	409	12,0	45	100	25	2,5	
39	410	12,5	50	110	27	3	
40	411	13,0	55	120	29	3	
41	412	13,5	60	130	31	4	



Номер варіанту	Номер підшипника	Радіальне навантаження, кН	d, мм	D, мм	B, мм	r	r <sub>1</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Радіальний кульковий дворядний (сферичний), легка серія							
42	1204	2,5	20	47	14	1,5	
43	1205	3,0	25	52	15	1,5	
44	1206	3,5	30	62	16	1,5	
45	1207	4,0	35	72	17	2	
46	1208	4,5	40	80	18	2	
47	1209	5,0	45	85	19	2	
48	1210	5,5	50	90	20	2	
49	1211	6,0	55	100	21	2,5	
50	1212	6,5	60	110	22	2,5	
51	1213	7,0	65	120	23	2,5	
52	1214	7,5	70	125	24	2,5	
Радіальний кульковий дворядний (сферичний), середня серія							
53	1306	4,5	30	72	19	2	
54	1307	5,0	35	80	21	2,5	
55	1308	5,5	40	90	20	2,5	
56	1309	6,0	45	100	25	2,5	
57	1310	6,5	50	110	27	3	
58	1311	7,0	55	120	29	3	
59	1312	7,5	60	130	31	3,5	
60	1313	8,0	65	140	33	3,5	
61	1314	8,5	70	150	35	3,5	

Продовження табл. 10.2

Номер варіанту	Номер підшипника	Радіальне навантаження, кН	d, мм	D, мм	B, мм	r	r <sub>1</sub>
Радіальний роликовий дворядний (сферичний), середня серія							
62	3608	14,0	40	90	33	2,5	
63	3609	14,5	45	100	36	2,5	
64	3610	15,0	50	110	40	3	
65	3611	15,5	55	120	43	3	
66	3612	16,0	60	130	46	3,5	
67	3613	16,5	65	140	48	3,5	
68	3614	17,0	70	150	51	3,5	
69	3615	17,5	75	160	55	3,5	
70	3616	18,0	80	170	58	3,5	
71	3617	18,5	85	180	60	4	
Радіально упорний з конічними роликами, легка серія							
72	7210	5,0	50	90	17	2,0	
73	7211	5,5	55	100	21	2,5	
74	7212	6,0	60	110	23	2,5	
75	7213	6,5	65	115	25	2,5	
76	7214	7,0	70	125	21	2,5	
77	7215	7,5	75	130	26	2,5	
78	7216	8,0	80	140	26	3	
79	7217	8,5	85	150	28	3	
Радіально упорний кульковий, легка серія							
80	36206	4,0	30	62	15	1,5	
81	36207	4,5	35	72	17	2	
82	36208	5,0	40	80	18	2	
83	36209	6,5	45	85	19	2	
84	36210	7,0	50	90	20	2	
85	36211	7,5	55	100	21	2,5	
86	36212	9,0	60	110	22	2,5	
87	36213	9,5	65	120	23	2,5	

Граничні відхилення діаметра циліндричного отвору внутрішніх кілець радіальних і радіально упорних вальниць кочення (за ГОСТ 520:2015)

Інтервали діаметрів $d$ , мм (понад – до)	Клас точності вальниць							
	P0		P6		P5		P4	
	Граничні відхилення діаметра $d_m$ , мкм							
	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES
Від 0,6 до 2,5	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0
2,5 – 10	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0
10 – 18	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0
18 – 30	-10	0	-8	0	-6	0	-5	0
30 – 50	-12	0	-10	0	-8	0	-6	0
50 – 80	-15	0	-12	0	-9	0	-7	0
80 – 120	-20	0	-15	0	-10	0	-8	0
120 – 180	-25	0	-18	0	-13	0	-10	0
180 – 250	-30	0	-22	0	-15	0	-12	0
250 – 315	-35	0	-25	0	-18	0	-	-
315 – 400	-40	0	-30	0	-23	0	-	-
400 – 500	-45	0	-35	0	-	-	-	-
500 – 630	-50	0	-40	0	-	-	-	-
630 – 800	-75	0	-	-	-	-	-	-
800 – 1000	-100	0	-	-	-	-	-	-
1000 – 1250	-125	0	-	-	-	-	-	-
1250 – 1600	-160	0	-	-	-	-	-	-
1600 – 2000	-200	0	-	-	-	-	-	-

Таблиця 10.4. Граничні відхилення зовнішнього діаметра зовнішніх кілець радіальних і радіально-упорних (крім конічних) вальниць кочення (за ГОСТ 520:2015)

Інтервали діаметрів $D$ , мм (понад – до)	Клас точності вальниць							
	P0		P6		P5		P4	
	Граничні відхилення діаметра $D_m$ , мкм							
	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei
Від 2,5 до 6	0	-8	0	-7	0	-5	0	-40
6 – 18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-40
18 – 30	0	-9	0	-8	0	-6	0	-5
30 – 50	0	-11	0	-9	0	-7	0	-6
50 – 80	0	-13	0	-11	0	-9	0	-7
80 – 120	0	-15	0	-13	0	-10	0	-8
120 – 150	0	-18	0	-15	0	-11	0	-9
150 – 180	0	-20	0	-18	0	-13	0	-10
180 – 250	0	-30	0	-20	0	-15	0	-11
250 – 315	0	-35	0	-25	0	-18	0	-13
315 – 400	0	-40	0	-28	0	-20	0	-15
400 – 500	0	-45	0	-33	0	-23	-0	-
500 – 630	0	-50	0	-38	0	-28	-	-
630 – 800	0	-75	0	-45	0	-35	-	-
800 – 1000	0	-100	0	-60	-	-	-	-
1000 – 1250	0	-125	-	-	-	-	-	-
1250 – 1600	0	-160	-	-	-	-	-	-
1600 – 2000	0	-200	-	-	-	-	-	-
2000 – 2500	0	-250	-	-	-	-	-	-

Таблиця 10.5. Граничні відхили посадочних конічних вальниць (за ГОСТ 520:2015)																			
Внутрішні кільця						Зовнішні кільця													
Інтервал діаметрів $d$ , мм (понад – до)	Клас точності					Інтервал діаметрів $D$ , мм (понад – до)	Клас точності												
	P0	P6 і P5		P4	P4		es	EI	ES	EI	ES	EI	ES						
		es	EI											ES	EI	ES	EI	ES	
Від 10 до 18	-8	0	-7	0	-5	0	-8	0	-7	0	18 – 30	0	-9	0	-8	0	-9	0	-6
18 – 30	-10	0	-8	0	-6	0	-10	0	-6	0	30 – 50	0	-11	0	-9	0	-11	0	-7
30 – 50	-12	0	-10	0	-8	0	-12	0	-8	0	50 – 80	0	-13	0	-11	0	-13	0	-9
50 – 80	-15	0	-12	0	-9	0	-15	0	-9	0	80 – 120	0	-15	0	-13	0	-15	0	-10
80 – 120	-20	0	-15	0	-10	0	-20	0	-10	0	120 – 150	0	-18	0	-15	0	-18	0	-11
120 – 180	-25	0	-18	0	-13	0	-25	0	-13	0	150 – 180	0	-25	0	-18	0	-25	0	-13
180 – 250	-30	0	-22	0	-15	0	-30	0	-15	0	180 – 250	0	-30	0	-20	0	-30	0	-15
250 – 315	-35	0	-25	0	-	-	-35	0	-	-	250 – 315	0	-35	0	-25	0	-35	0	-18
315 – 400	-40	0	-30	0	-	-	-40	0	-	-	315 – 400	0	-40	0	-28	0	-40	0	-20

Таблиця 10.6. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	-6 -12	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	-16	-6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18	-27	-17	-11	-5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	-20	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30	-33	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+54 +41
30 – 40	-25	-9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
40 – 50	-41	-25	-16	-8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
50 – 65	-30	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
65 – 80	-49	-29	-19	-9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
80 – 100	-36	-12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
100 – 120	-58	-34	-22	-11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
120 – 140									+88 +63	+117 +92	+147 +122
140 – 160	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+90 +65	+125 +100	+159 +134
160 – 180									+93 +68	+133 +108	+171 +146
180 – 200									+106 +77	+151 +122	+195 +166
200 – 225	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180
225 – 250									+113 +84	+169 +140	+225 +196
250 – 280	-56	-17	0	+16,0	+36	+52	+66	+88	+126 +94	+190 +158	+250 +218
280 – 315	-88	-49	-32	-16,0	+4	+20	+34	+56	+130 +98	+202 +170	+272 +240
315 – 355	-62	-18	0	+18,0	+40	+57	+73	+98	+144 +106	+226 +190	+304 +268
355 – 400	-98	-54	-36	-18,0	+4	+21	+37	+62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
400 – 450	-68	-20	0	+20,0	+45	+63	+80	+108	+166 +126	+272 +232	+370 +330
450 – 500	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+172 +132	+292 +252	+400 +360

Таблиця 10.7. Рекомендовані поля допусків валів і отворів корпусів під вальниці кочення з місцево навантаженими кільцями

Типи вальниць	Номінальний діаметр, мм (понад – до)	Поля допусків		
		валів (осей)	отворів в корпусі	
			не рознімних	рознімних
Навантаження спокійне або з помірними поштовхами і вібрацією, перевантаження до 150 %				
Усі типи, крім штампованих голчастих	До 80	h5, h6, g5, g6 g5, g6, f6*, js6, f6, js6	H6, H7	H6, H7, H8*
	80 – 260		G6, G7	
	260 – 500			
Навантаження з ударами і вібрацією, навантаження до 300 %				
Усі типи, крім штампованих гол-частих і роликкових конічних дворядних	До 80	h5, h6	Js6, Js7	Js6, Js7
	80 – 260		H6, H7	
	260 – 500	g5, g6		
Навантаження будь-яке				
Голчасті штамповані	Усі розміри	k5, k6** js5, js6**	K6 K7*** Js6, Js7	Js6, Js7 (в сталевий стакан)
*Поля допусків f6 і H8 пристосовувати за частоти обертання не більше 60 % від гранично допустимої.				
**З'єднання вальниць з валами k5, k6, js5, js6 здійснюють за допомогою селективного збирання.				
***Для корпусів із кольорового металу.				

Таблиця 10.8. Граничні відхилення отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхилення, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	—
14 – 18	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	
18 – 24	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	—
24 – 30	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-33 -54
30 – 40	+50	+3	+25	+12	+1	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
40 – 50	+25	-9	0	-12	-18	-25	-33	-44	-50	-59	-45 -70
50 – 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55 -85
65 – 80	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-60	-72	-64 -94
80 – 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-78 -113
100 – 120	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-73	-93	-91 -126
120 – 140									-48	-77	-107 -147
140 – 160	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-50	-85	-119 -159
160 – 180									-90	-125	-131 -171
180 – 200									-53	-93	-149 -195
200 – 225	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-60	-105	-163 -209
225 – 250									-106	-151	-179 -225
250 – 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-63	-113	-198 -250
280 – 315	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-109	-159	-220 -272
315 – 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-67	-123	-169 -247
355 – 400	-62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-113	-169	-226 -304
400 – 450	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	-93	-187	-273 -330
450 – 500	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	-150	-244	-307 -370
									-103	-209	-337 -400
									-166	-272	
									-109	-229	
									-172	-292	

## Практична робота 11. Вибір допусків і посадок шпонкових з'єднань

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття 11–вивчити методику вибору допусків і посадок шпонкових з'єднань.

### Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для вибору допусків і посадок шпонкових з'єднань.
2. Визначення номінальних розмірів елементів шпонкового з'єднання.
3. Призначення полів допусків і граничних відхилів на посадочні діаметри шпонкових вала і втулки
4. Визначення: типу шпонкового з'єднання; сполучень ширини шпонки з штатною паза вала і втулки
5. Призначення полів допусків для інших (непосадочних) розмірів елементів шпонкового з'єднання: висоти шпонки, довжини шпонки, довжини паза вала.
6. Схема полів допусків шпонкового з'єднання.
7. Складальний і подетальні кресленики шпонкового з'єднання.

Вихідні дані для вибору допусків і посадок шпонкових з'єднань наведено в табл. 11.1.

Номінальний діаметр вала  $d = 32$  мм. Навантаження постійне без частих реверсів, з'єднання нерухоме. Складання з валом ускладнене–всередині корпусу передавального механізму. Вибрати тип шпонкового з'єднання і підібрати шпонку для з'єднання втулки з валом.

Залежно від діаметра шпонкового з'єднання за табл. 11.2 визначаємо номінальні розміри елементів призматичного шпонкового з'єднання.

Ширина шпонки і ширина пазів вала і втулки (розмір  $b$ ):  $b = 10$  мм, висота шпонки  $h = 8$  мм. Довжину шпонки і довжину паза вала (розмір  $l$ ) приймаємо рівним:  $l = 100$  мм; глибина паза вала  $t_1 = 5,0$  мм, глибина паза втулки  $t_2 = 3,3$  мм.

Призначаємо поля допусків на посадочні діаметри шпонкових вала і втулки: для втулки поле допуску H7, а для вала – k6. Діаметр втулки  $\varnothing 32H7$ , діаметр вала  $\varnothing 32k6$ .

Визначаємо граничні відхилення посадочних діаметрів отвору і вала (табл. 11.3 і 11.4): отвір  $\varnothing 32H7^{(+0,025)}$ , вал  $\varnothing 32k6^{(+0,018/+0,002)}$ .

4. Визначення: тип шпонкового з'єднання; сполучень ширини шпонки з шириною паза вала і втулки (табл. 11.5)

За заданих умов роботи приймаємо нормальне з'єднання шпонки з пазами за шириною  $b$ , тобто по посадках 10N9/h9 і 10Js9/h9: для ширини шпонки –  $10h9_{(-0,036)}$ , для ширини паза вала –  $10N9_{(-0,036)}$ ; для ширини паза втулки –  $10Js9(\pm 0,018)$ .

Зазори і натяги у з'єднаннях: ширина паза вала – ширина шпонки 10N9/h9:  $N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,036) = 0,036$  мм;

$S_{\max} = ES - ei = 0 - (-0,036) = 0,036$  мм;

для ширини паза втулки – ширина шпонки 10Js9/h9:

$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,018) = 0,018$  мм;



$$S_{\max} = ES - ei = 0,018 - (-0,036) = 0,054 \text{ мм};$$

Призначаємо поля допусків для інших (непосадочних) розмірів елементів шпонкового з'єднання: для висоти шпонки –  $8h11_{(-0,090)}$ , для довжини шпонки –  $100H15^{(+1,4)}$ , для довжини паза вала –  $100h14_{(-0,870)}$ .

Посадка  $100H15/h14$ . Зазори у з'єднанні:

$$S_{\max} = ES - ei = 1,400 - (-0,870) = 2,270 \text{ мм}; \quad S_{\min} = ES - ei = 0 - 0 = 0.$$

Граничні відхилення глибини паза вала  $t_1$  і паза втулки  $t_2$  призначаємо за 12 квалітетом (табл. 11.6):  $t_1 = 5,0H12^{(+0,120)}$  мм,  $t_2 = 3,3H12^{(+0,120)}$  мм.

Схема полів допусків шпонкового з'єднання приведено на рис. 11.1.

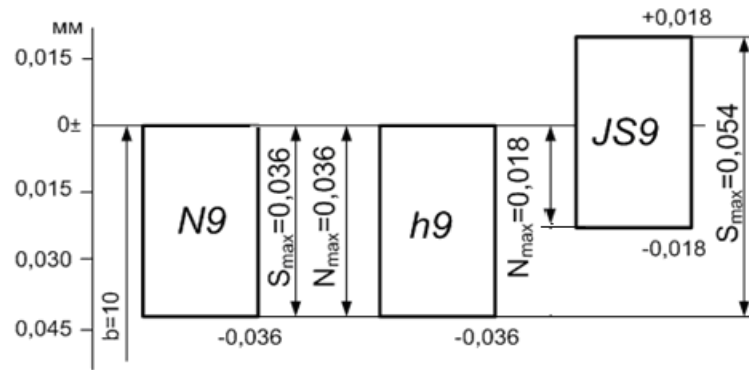


Рис. 11.1. Схема полів допусків шпонкового з'єднання

Складальний і подетальні кресленики шпонкового з'єднання наведено на рис. 11.2.

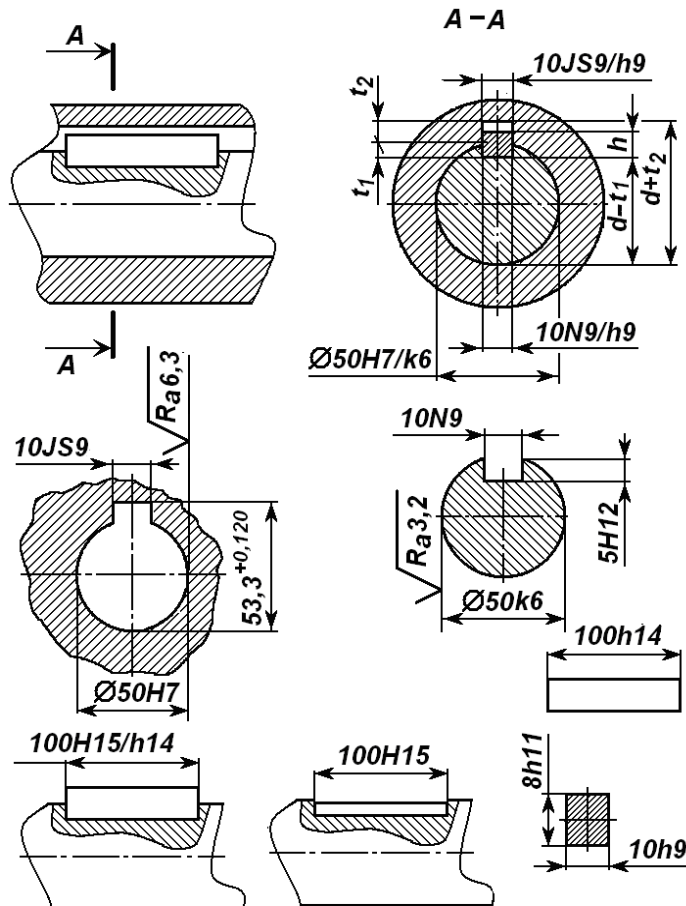


Рис. 11.2. Позначення розмірів і посадок прямобічного шпонкового з'єднання

Таблиця 11.1. Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок для деталей шпонкових з'єднань

Варіант	Діаметр вала, d, мм	Вид з'єднання	Варіант	Діаметр вала, d, мм	Вид з'єднання	Варіант	Діаметр вала, d, мм	Вид з'єднання
1	17	3	35	30	2	68	70	1
2	20	1	36	45	3	69	75	2
3	25	2	37	50	1	70	80	3
4	30	3	38	60	3	71	85	1
5	35	1	39	70	2	72	50	2
6	50	2	40	80	1	73	55	3
7	55	3	41	90	3	74	60	1
8	60	1	42	20	2	75	65	2
9	65	2	43	25	3	76	70	3
10	75	3	44	30	1	77	75	1
11	17	1	45	35	2	78	80	2
12	20	1	46	40	3	79	85	3
13	25	2	47	45	1	80	30	1
14	30	3	48	50	2	81	35	2
15	35	1	49	55	3	82	40	3
16	40	2	50	60	1	83	45	1
17	45	3	51	65	2	84	50	2
18	50	1	52	70	3	85	55	3
19	55	2	53	30	1	86	60	1
20	70	2	54	35	2	87	65	2
21	75	3	55	40	3	88	75	1
22	15	2	56	45	1	89	80	2
23	30	3	57	50	2	90	85	3
24	35	1	58	55	3	91	20	2
25	40	2	59	60	1	92	25	3
26	45	3	60	65	2	93	30	1
27	50	1	61	70	3	94	35	2
28	55	2	62	40	1	95	40	3
29	60	3	63	45	2	96	45	1
30	65	1	64	50	3	97	50	2
31	70	3	65	55	1	98	55	3
32	75	1	66	60	2	99	60	1
33	80	2	67	65	3	100	65	2
34	25	1						

Примітка: \* – вид шпонкового з'єднання: 1 – вільне; 2 – нормальне; 3 – щільне

Таблиця 11.2. Основні розміри з'єднань з призматичними шпонками, мм  
(за ГОСТ 23360-93)

Діаметр вала $d$ (понад-до)	Номінальні розміри шпонки, мм					Номінальні розміри паза, мм			
	$b \times h$	фаска $s$		інтервали довжин		глибина		радіус округлення або фаска $s_1 \times 45^\circ$	
		max	min	від	до	на валу $t_1$	у втулці $t_2$	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6 – 8	2 x 2	0,25	0,16	6	20	1,2	1,0	0,16	0,08
8 – 10	3 x 3			6	36	1,8	1,4		
10 – 12	4 x 4			8	45	2,5	1,8		
12 – 17	5 x 5	0,40	0,25	10	56	3,0	2,3	0,25	0,16
17 – 22	6 x 6			14	70	3,5	2,8		
22 – 30	8 x 7			18	90	4,0	3,3		
30 – 38	10 x 8	0,60	0,40	22	110	5,0	3,3	0,40	0,25
38 – 44	12 x 8			28	140	5,0	3,3		
44 – 50	14 x 9			36	160	5,5	3,8		
50 – 58	16 x 10			45	180	6,0	4,3		
58 – 65	18 x 11			50	200	7,0	4,4		
65 – 75	20 x 12	0,80	0,60	56	220	7,5	4,9	0,60	0,40
75 – 85	22 x 14			63	250	9,0	5,4		
85 – 95	25 x 14			70	280	9,0	5,4		
95 – 110	28 x 16			80	320	10,0	6,4		
110 – 130	32 x 18			90	360	11,0	7,4		
130 – 150	36 x 20	1,2	1,0	100	400	12,0	8,4	1,0	0,70
150 – 170	40 x 22			100	400	13,0	9,4		
170 – 200	45 x 25			110	450	15,0	10,4		
200 – 230	50 x 28			125	500	17,0	11,4		
230 – 260	56 x 32	2,0	1,6	140		20,0	12,4	1,6	1,2
260 – 290	63 x 32			160	500	20,0	12,4		
290 – 330	70 x 36			180		22,0	14,4		
330 – 380	80 x 40	3,0	2,5	200		25,0	15,4	2,5	2,0
390 – 440	90 x 45			220	500	28,0	17,4		
440 – 500	100 x 50			250		31,0	19,5		

Примітки: 1. ГОСТ 23360-78 не розповсюджується на шпонкові з'єднання, які використовуються для кріплення ріжучого інструменту.

2. Довжини шпонок вибирають із ряду: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 400; 450; 500 мм.

3. На робочому кресленні пропонується один розмір для вала  $t_1$  (переважаючий варіант) або  $d - t_1$  і для втулки  $d + t_2$ .

Таблиця 11.3. Граничні відхили отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	—
14 – 18	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	—
18 – 24	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	—
24 – 30	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-33 -54
30 – 40	+50	+3	+25	+12	+1	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
40 – 50	+25	-9	0	-12	-18	-25	-33	-44	-50	-59	-45 -70
50 – 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55 -85
65 – 80	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-62	-78	-64 -94
80 – 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-78 -113
100 – 120	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-73	-93	-91 -126
120 – 140									-48	-77	-107 -147
140 – 160	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-50	-85	-119 -159
160 – 180									-53	-93	-131 -171
180 – 200									-60	-105	-149 -195
200 – 225	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-63	-113	-163 -209
225 – 250									-67	-123	-179 -225
250 – 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-74	-138	-198 -250
280 – 315	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-126	-190	-220 -272
315 – 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-78	-150	-202 -272
355 – 400	-62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-87	-169	-247 -304
400 – 450	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	-144	-226	-304 -370
450 – 500	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	-93	-187	-273 -330
									-103	-209	-307 -370
									-166	-272	-370 -400
									-109	-229	-337 -400
									-172	-292	-400

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	JS9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	+34	+28	+20	+4	+7	0	-	-1	-18	+45	+39	+31	+25	+12
	+20	+14	+6	0	-7	-11	-	-18	-32	+20	+14	+6	0	-12
Понад 3 до 6	+48	+38	+28	+22	+9	+5	+2	-2	-23	+60	+50	+40	+30	+15
	+30	+20	+10	0	-9	-13	-16	-20	-41	+30	+20	+10	0	-15
6 – 10	+62	+47	+35	+22	+11	+6	+1	-3	-28	+76	+61	+49	+36	+18
	+40	+25	+13	0	-11	-16	-21	-25	-50	+40	+25	+13	0	-18
10 – 14	+77	+59	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
18 – 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-11	+117	+92	+72	+52	+26
	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-74	+65	+40	+20	0	-26
24 – 30									-48					
									-81					
30 – 40	+119	+89	+61	+39	+19	+12	+5	-3	-60	+142	+112	+87	+62	+31
	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-99	+80	+50	+25	0	-31
40 – 50									-70					
									-109					
50 – 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87	+174	+131	+104	+74	+37
	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-133	+100	+60	+30	0	-37
65 – 80									-102					
									-148					
80 – 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-124	+207	+159	+123	+87	+43
	+120	+72	+36	0	127	-38	-48	-58	-178	+120	+72	+36	0	-43
100 – 120									-144					
									-198					
120 – 140									-170					
									-233					
140 – 160	+208	+148	+106	+63	+31	+20	+8	-4	-190	+245	+165	+143	+100	+50
	+145	+85	+43	0	-31	-43	-55	-67	-253	+145	+85	+43	0	-50
160 – 180									-210					
									-273					
180 – 200									-236					
									-308					
200 – 226	+242	+172	+122	+72	+36	+22	+9	-5	-258	+285	+215	+165	+115	+57
	+170	+100	+50	0	-36	-50	-63	-77	-330	+170	+100	+50	0	-57
225 – 250									-284					
									-356					
250 – 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315	+320	+240	+186	+130	+65
	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-396	+190	+110	+56	0	-65
280 – 315									-350					
									-431					
315 – 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390	+350	+265	+202	+140	+70
	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-479	+210	+125	+62	0	-70
355 – 400									-435					
									-521					
400 – 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-490	+385	+290	+223	+155	+77
	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-587	+230	+135	+68	0	-77
450 – 500									-540					
									-637					

Таблиця 11.4. Граничні відхилення валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхилення, мкм										
Від 1 до 3	-6 -12	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	-16	-6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18	-27	-17	-11	-5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	-20	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30	-33	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+54 +41
30 – 40	-25	-9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
40 – 50	-41	-25	-16	-8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
50 – 65	-30	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
65 – 80	-49	-29	-19	-9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
80 – 100	-36	-12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
100 – 120	-58	-34	-22	-11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
120 – 140									+88 +63	+117 +92	+147 +122
140 – 160	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+90 +65	+125 +100	+159 +134
160 – 180									+93 +68	+133 +108	+171 +146
180 – 200									+106 +77	+151 +122	+195 +166
200 – 225	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180
225 – 250									+113 +84	+169 +140	+225 +196
250 – 280									+126 +94	+190 +158	+250 +218
280 – 315	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16,0 -16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+130 +98	+202 +170	+272 +240
315 – 355									+144 +106	+226 +190	+304 +268
355 – 400	-62 -98	-18 -54	0 -36	+18,0 -18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
400 – 450									+166 +126	+272 +232	+370 +330
450 – 500	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20,0 -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172 +132	+292 +252	+400 +360

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14	-6	0	+5	10	—	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	—	+4	+14	+18
Понад 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+41	+4	+8	+19	+23
6 – 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+2t
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
14 – 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
24 – 30	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
									+69
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
40 – 50	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
									+96
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
65 – 80	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
								+89	+132
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
100 – 120	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
								+114	+179
120 – 140								+79	+144
140 – 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
160 – 180								+140	+230
180 – 200								+148	+250
200 – 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+108	+210
	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+168	+282
225 – 250								+122	+236
250 – 280	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+176	+304
280 – 315	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+130	+258
								+186	+380
315 – 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+140	+284
355 – 400	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+210	+367
								+158	+315
400 – 450	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+222	+402
450 – 500	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+170	+350
								+247	+447
								+190	+390
								+265	+492
								+208	+435
								+296	+553
								+232	+490
								+315	+603
								+252	+540

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	—	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Понад 3 до 6	-70	-30	-20	-10'	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+67	+77	-50	-32	-16	0	+21
	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+40	+50	-93	-75	-59	-43	-21
14 – 18								+72	+87					
								+45	+60					
18 – 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	+73	-117	-92	-72	-52	-26
24 – 30							+81	+97	+121					
							+48	+64	+88					
30 – 40	-120	-80	-50	-25	0	+19	+99	+119	+151	-80	-50	-25	0	+31
	-159	-119	-89	-64	-39	-19	+60	+80	+112	-142	-112	-87	-62	-31
40 – 50	-130						+109	+136	+175					
	-169						+70	+97	+136					
50 – 65	-140	-100	-60	-30	0	+23	+133	+168	+218	-100	-60	-30	0	+37
	-186	-146	-106	-76	-46	-23	+87	+122	+172	-174	-134	-104	-74	-37
65 – 80	-150						+148	+192	+256					
	-196						+102	+146	+210					
80 – 100	-170	-120	-72	-36	0	+27	+178	+232	+312	-120	-72	-36	0	+43
	-224	-174	-126	-90	-54	-27	+124	+178	+258	-207	-159	-123	-87	-43
100 – 120	-180						+198	+264	+364					
	-234						+144	+210	+310					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
	-263						+170	+248	+365					
140 – 160	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	+478	-145	-85	-43	0	+50
	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	+415	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
180 – 200	-240						+308	+422	+592					
	-312						+236	+350	+520					
200 – 225	-230	-170	-100	-50	0	+36	+330	+457	+647	-170	-100	-50	0	+57
	-332	-242	-172	-122	-72	-36	+258	+385	+575	-285	-215	-165	-115	-57
225 – 250	-280						+356	+497	+712					
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300	-190	-110	-56	0	+40	+396	+556	+791	-190	-110	-56	0	+65
	-381	-271	-191	-137	-81	-40	+315	+475	+710	-320	-240	-186	-130	-65
280 – 315	-330						+431	+606	+871					
	-411						+350	+525	+790					
315 – 355	-360	-210	-125	-62	0	+44	+479	+679	+989	-210	-125	-62	0	+70
	-449	-299	-214	-151	-89	-44	+390	+390	+900	-350	-265	-302	-140	-70
355 – 400	-400						+524	+749	+1089					
	-489						+435	+660	+1000					
400 – 450	-440	-230	-135	-68	0	+48	+587	+837	+1197	-230	-135	-68	0	+77
	-537	-327	-232	-165	-97	-48	+490	+740	+1100	-385	-290	-223	-155	-77
450 – 500	-480						+637	+917	+1347					
	-577						+540	+820	+1250					



Таблиця 11.5. Рекомендовані поля допусків у сполученнях шпонкових з'єднань

Вид з'єднання і характер виробництва	Поле допусків		
	ширина шпонки	ширина паза вала	ширина паза отвору
Вільне з'єднання	h9	H9	D10
Нормальне з'єднання	h9	N9	Js9
Щільне з'єднання	h9	P9	P9
Для ширини пазів вала і отвору допускаються будь-які сполучення названих вище полів допусків [36]			
Ширина шпонки	h9	h9	h9
Ширина паза на валу	P9	N9	H9*; N9
Ширина паза в отворі	Js9	D10*; Js9	D10
Призначення посадок	Одиничне і серійне виробництво	Серійне і масове виробництво	Напрямні шпонки
*Рекомендується для з'єднань з довгими шпонками ( $l \geq 2d$ ). Перед застосуванням бажана дослідна перевірка.			

### Практична робота 12. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета завдання 12 – вивчити методику розрахунку допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань.

Вихідні дані для вибору допусків і посадок шпонкових з'єднань наведено в табл. 12.2.

Приклади шліцьових з'єднань наведено на рис. 12.1. Основними типами шліцьових з'єднань є: прямобічні (ГОСТ 1139-85) – рис. 12.1, а і б; евольвентні (ГОСТ 6033-85) – рис. 12.1, в; трикутні (регламентовані відповідними нормальми) – рис. 12.3, г з'єднання.

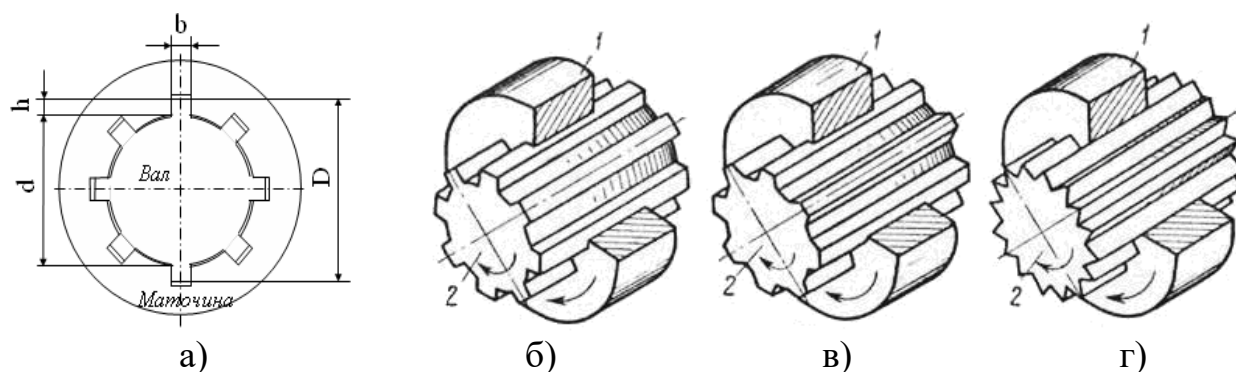


Рис. 2.11. Шліцьові з'єднання

1.3а варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань.

*Приклад 1.* Задано шліцьове з'єднання  $b-16 \times 52 \times 60 H12/a11 \times 5 F10/f8$ . Центрування виконано по боковим поверхням шліців –  $b$ :  $z = 20$  – число шліців;  $H12$ ,  $F10$ ,  $a11$ ,  $f8$  – відповідні поля допусків. Умовне позначення цього з'єднання: втулки –  $b-16 \times 52 \times 60 H12 \times 5 F10$ ; вала –  $b-16 \times 52 \times 60 a11 \times 5 f8$ .

Таблиця 11.6

## Числові значення допусків за ДСТУ 2500-94, вибірка

Інтервали номинальних розмірів, мм, (понад – до)	Квалітет																	
	МКМ									ММ								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18				
До 3 включно	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	1,00	1,40				
3 - 6	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	1,20	1,80				
6 - 10	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	1,50	2,50				
10 - 18	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,80	2,70				
18 - 30	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	2,10	3,30				
30 - 50	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	2,50	3,90				
50 - 80	8	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	3,00	4,60				
80 - 120	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	3,50	5,40				
120 - 180	12	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	4,00	6,30				
180 - 250	14	20	29	46	72	115	1850	290	0,46	0,72	1,15	1,85	5,20	7,20				
250 - 315	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	5,70	8,10				
315 - 400	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,230	6,30	8,90				
400 - 500	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55,	2,50	7,00	9,70				
500 - 630	22	30	44	70	110	175	280	440	0,70	1,10	1,75	2,80	8,00	11,0				
630 - 800	25	33	50	80	125	200	320	500	0,80	1,25	2,00	3,20	9,00	12,5				
800 - 1000	29	40	56	90	140	230	360	560	1,05	1,40	2,30	3,60	10,5	14,0				
1000 - 1250	34	46	66	105	165	260	420	660	1,25	1,65	2,60	4,20	12,5	16,5				
1250 - 1600	40	54	73	125	195	310	500	780	1,50	1,95	3,10	5,00	15,0	19,5				
1600 - 2000	43	65	92	150	230	370	600	920	1,75	2,30	3,70	6,00	17,5	23,0				
2000 - 2500	57	77	110	175	280	440	700	1100	2,10	2,80	4,40	7,00	21,0	28,0				

Визначаємо відхилення для розмірів вала і втулки:  
зовнішні діаметри: вала  $\varnothing 60a11 \begin{pmatrix} -0,340 \\ -0,530 \end{pmatrix}$ , табл. А.4 і А.7:  $es = -0,340$  мм,

$e_i = -0,530$  мм; втулки  $\varnothing 60H12^{(+0,300)}$ , табл. А.4 і А.7:  $ES = +0,300$  мм,  $EI = 0$ ;  
 ширина шліца  $5f8^{(-0,010)}$ , табл. А. 6:  $es = -0,010$  мм,  $e_i = -0,028$  мм;  
 ширина западини втулці  $5F10^{(+0,058)}$ , табл. А.3 і А.2:  $ES = +0,058$  мм,  $EI = +0,010$  мм.

Рахуємо граничні розміри і допуски відповідних величин:

$$d_{\max} = d + es = 60 + (-0,340) = 59,660 \text{ мм}; d_{\min} = d + ei = 60 + (-0,530) = 59,470 \text{ мм};$$

$$D_{\max} = D + ES = 60 + 0,300 = 60,300 \text{ мм}; D_{\min} = D + EI = 60 + 0 = 60,000 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = -0,340 - (-0,530) = 0,190 \text{ мм}; TD = ES - EI = 0,300 - 0 = 0,300 \text{ мм};$$

$$b_{\max} = d + es = 5 + (-0,010) = 4,990 \text{ мм}; b_{\min} = d + ei = 5 + (-0,028) = 4,972 \text{ мм};$$

$$B_{\max} = B + ES = 5 + 0,058 = 5,058 \text{ мм}; B_{\min} = B + EI = 5 + 0,010 = 5,010 \text{ мм};$$

$$Tb = es - ei = -0,010 - (-0,028) = 0,018 \text{ мм}; TB = ES - EI = 0,058 - 0,010 = 0,048 \text{ мм}.$$

Розраховуємо зазор за центруючими і нецентруючими поверхнями шліцевого з'єднання: зовнішній діаметр

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 60,300 - 59,470 = 0,830 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 60,000 - 59,660 = 0,340 \text{ мм};$$

$$S_{\text{сер}} = (S_{\max} + S_{\min})/2 = (0,830 + 0,340)/2 = 0,485 \text{ мм};$$

бокова поверхня шліца

$$S_{\max} = B_{\max} - b_{\min} = 5,058 - 4,972 = +0,086 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = B_{\min} - b_{\max} = 5,010 - 4,990 = +0,020 \text{ мм};$$

$$S_{\text{сер}} = (S_{\max} + S_{\min})/2 = (0,086 + 0,020)/2 = +0,053 \text{ мм}.$$

Отримані розрахунки заносимо до табл. 12.1.

Таблиця 12.1. Розмірні характеристики шліцевого з'єднання

Елементи з'єднання	Номін. розмір, мм	Поле допуску	Граничні відхили, мм		Граничні розміри, мм		Допуск розміру, мм
			ES, es	EI, ei	max	min	
Центруючі елементи							
Отвір	5	F10	+0,058	+0,010	5,058	5,010	0,048
Вал	5	f8	-0,010	-0,028	4,990	4,972	0,018
Нецентруючі елементи							
Отвір	60	H12	+0,050	0	60,050	60	0,050
Вал	60	a11	-0,280	-0,370	59,720	59,630	0,090

Ескізи шліцевого з'єднання, вала і отвору наведено на рис. 12.2.

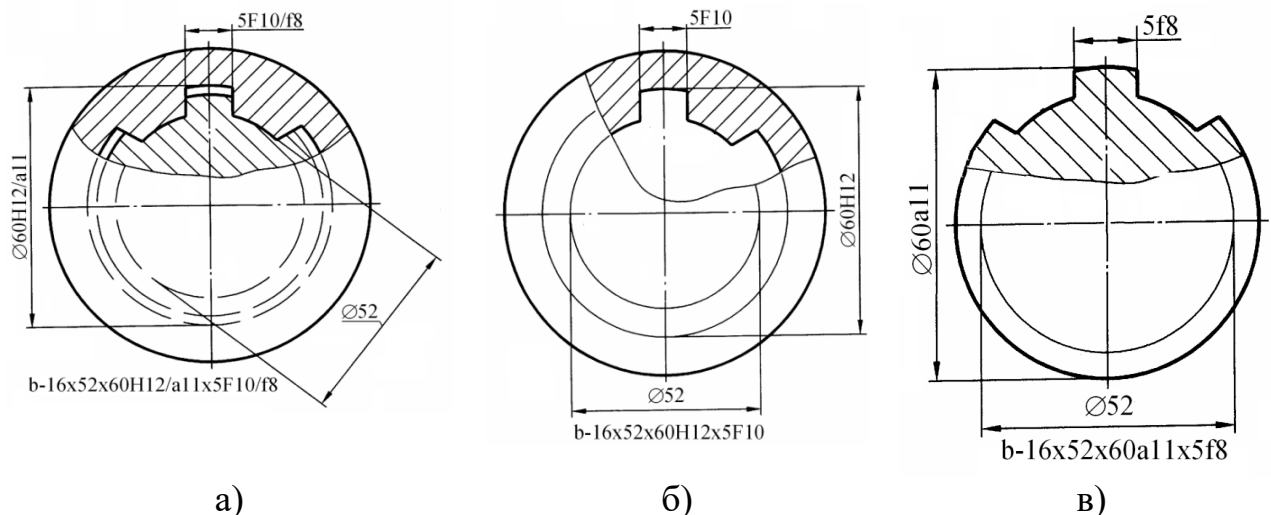


Рис. 4.14. Ескізи шліцевого з'єднання (а), отвору (б) і вала (в)

Таблиця 12.2. Вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей прямобічних шліцьових з'єднань

Варі-ант	Позначення шліцьового з'єднання	Варі-ант	Позначення шліцьового з'єднання
1	2	3	4
1	D-6x23x26H7/g7x6F8/d9	51	b-10x23x29H12/a11x4F10/g8
2	d-6x26H7/e8x30H12/a11x6D9/k7	52	D-8x21x25H7/n7x5F10/k9
3	D-6x28x32H7/f7x7F8/f8	53	b-10x28x35H12/a11x4F10/d9
4	d-8x32H7/e8x36H12/a11x6D9/k7	54	D-6x23x28H7/k6x6H8/f7
5	D-8x36x40H9/f8x7D9/d9	55	D-6x26x32H8/e8/e7x6D9k8
6	d-8x42H7/g6x46H12/a11x8D9/f8	56	d-6x28H7/n6x34H12/a11x7D9/f8
7	D-8x46x50H7/k6x9D8/f7	57	D-8x38H7/f7x6D9/h8
8	d-8x52H7/e8x58H12/a11x10F10/js7	58	b-16x52x60H12/a11x5F8/f8
9	D-8x56x62H7/js6x10F10/h9	59	b-16x56x65H12/a11x5F8/e8
10	d-8x62H7/n6x68H12/a11x12F10/f9	60	D-8x36x42H7/g6x7F8/f8
11	D-10x72x78H8/e8x12D9/h8	61	8x42H7/e8x48H12/a11x8H8/h7
12	d-10x82H6/g5x88H12/a11x12F8/h8	62	D-8x46x54H7/h6x9F8/e8
13	D-10x92x98H8/e8x14D9/h8	63	b-10x72x78H12/a11x12D9/e8
14	d-8x32H7/e8x36H12/a11x6D9/k7	64	b-10x82x92H12/A11x14D9/f8
15	D-10x112x120H8/h7x18D9/h8	65	D-8x52x60H7/n6x10F10/h9
16	d-6x11H7/g6x14H12/a11x3F10/k7	66	d-8x57H7/g6x65H12/a11x10D9/d9
17	b-10x16x20H12/a11x2,5F8/e8	67	b-10x92x102H12/a11x14D10/d8
18	b-10x18x23H12/a11x3F8/f8	68	d-6x26xH6/g5x30H12/a11x6F8/f8
19	D-13x16H7/g6x3,5F10/f7	69	D-28x32H7/f7x7D9/h8
20	d-6x16H7/n7x20H12/a11x4D9/h8	70	b-16x72x82H12/a11x7F10/h9
21	b-10x21x26H12/a11x3D9/k7	71	d-8x32H7/e8x36H12/a11x6D9/k7
22	D-6x18x22H8/e8x5D9/d9	72	D-8x36x40H7/g6x7F10/h9
23	b-16x62x72H12/a11x6F10/f8	73	d-6x28H6/g5x34H12/a11x7F10/k7
24	d-8x42H7/g6x46H12/a11x8F10/f8	74	D-8x46x50H7/n6x9D9/h8
25	D-8x46x50H7/n6x9D9/h8	75	b-10x23x29H12/a11x4D9/e9
26	b-16x56x65H12/a11x5D9/f8	76	D-8x36x42H7/n6x7D9/e8
27	d-8x52H7/n6x58H12/a11x10D10/d9	77	D-8x42x48H8/e8x8F8/e8
28	D-8x56x62H8/h7x10F10/f7	78	d-8x46H7/n6x54H12/a11x9D9/k7
29	b-16x52x60H12/a11x5F10/f8	79	b-10x21x26H12/a11x3F10/d9
30	D-8x62x68H7/f7x12F10/k9	80	D-8x46x54H8/k7x9D9/e9
31	d-10x72H6/g5x78H12/a11x12D9/k7	81	b-10x23x29H12/a11x4F8/e8
32	b-10x45x56H12/a11x7F8/e8	82	D-8x52x60H7/f7x10D9/h8
33	D-10x72x88H7/g6x12D9/h8	83	d-8x56H6/g5x65H12/a11xF9/k7
34	d-10x92H7/e8x98H12/a11x14D9/e8	84	b-10x26x32H12/a11x4D9/f8
35	b-10x42x52H12/a11x8D9/f8	85	D-8x62x72H7/g6x12F8/e8
36	D-10x102x108H7/h6x16D9/f7	86	D-10x72x82H7/n6x12F8/f8
37	b-10x36x45H12/a11x5D9/e8	87	b-10x32x40H12/a11x5D10/d8
38	D-10x112x120H7/n6x18D9/e8	88	b-6x23x28H12/a11x6D9/f8
39	d-6x11H7/h6x14H12/a11x3D9/f9	89	D-10x82x92H8/e8x12D9/e8

## Продовження табл. 12.2

40	b-10x32x40H12/a11x5F10/a9	90	b-10x35x45H12/a11x5F10/k7
41	D-6x23x28H8/h7x6F10/e9	91	D-10x102x112H8/k7x16D9/f7
42	b-10x28x35H12/a11x4F8/e8	92	d-8x32H6/g5x38H12/a11x6F10/f9
43	D-6x26x32H7/f7x6F10/h9	93	D-8x52x58H7/n6x10F10/h9
44	b-10x26x32H12/a11x4F8/f8	94	b-10x52x60H12/a11x5D9/e8
45	b-8x32x36H12/a11x6D9/e8	95	D-10x82x8H8/e8x12D9/e8
46	d-10x72H7/e8x78H12/a11x12D9/e8	96	b-10x36x45H12/a11x5F10/k7
47	D-8x36x40H8/h7x7F10/f7	97	D-20x102x115H8/k7x8D9/f7
48	d-10x82H7/e8x88H12/a11x12D9/e8	98	d-16x56H6/g5x65H12/a11x5F10/f9
49	D-8x52x46H7/g6x8D9/h8	99	D-10x46x56H7/n6x10F10/h9
50	b-8x42x46H12/a11x8F8/f8	100	b-20x112x125H12/a11x9D9/e8

Таблиця 12.3. Граничні відхили отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—
10 – 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	—
14 – 18	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	
18 – 24	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	—
24 – 30	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	
30 – 40	+50	+3	+25	+12	+1	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
40 – 50	+25	-9	0	-12	-18	-25	-33	-44	-50	-59	
50 – 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55 -85
65 – 80	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-60	-72	
80 – 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-78 -113
100 – 120	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-73	-93	
120 – 140									-48 -88	-77 -117	-107 -147
140 – 160	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-50 -90	-85 -125	-119 -159
160 – 180									-53 -93	-93 -133	-131 -171
180 – 200									-60 -106	-105 -151	-149 -195
200 – 225	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-63 -109	-113 -159	-163 -209
225 – 250									-67 -113	-123 -169	-179 -225
250 – 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-74 -126	-138 -190	-198 -250
280 – 315	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-78 -130	-150 -202	-220 -272
315 – 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-87 -144	-169 -226	-247 -304
355 – 400	-62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-93 -150	-187 -244	-273 -330
400 – 450	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	-103 -166	-209 -272	-307 -370
450 – 500	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	-109 -172	-229 -292	-337 -400

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	JS9
	Граничні відхилення, мкм													
Від 1 до 3	+34	+28	+20	+4	+7	0	-	-1	-18	+45	+39	+31	+25	+12
	+20	+14	+6	0	-7	-11	-	-18	-32	+20	+14	+6	0	-12
Понад 3 до 6	+48	+38	+28	+22	+9	+5	+2	-2	-23	+60	+50	+40	+30	+15
	+30	+20	+10	0	-9	-13	-16	-20	-41	+30	+20	+10	0	-15
6 – 10	+62	+47	+35	+22	+11	+6	+1	-3	-28	+76	+61	+49	+36	+18
	+40	+25	+13	0	-11	-16	-21	-25	-50	+40	+25	+13	0	-18
10 – 14	+77	+49	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
18 – 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-11	+117	+92	+72	+52	+26
	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-74	+65	+40	+20	0	-26
24 – 30									-48					
									-81					
30 – 40	+119	+89	+61	+39	+19	+12	+5	-3	-60	+142	+112	+87	+62	+31
	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-99	+80	+50	+25	0	-31
40 – 50									-70					
									-109					
50 – 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87	+174	+131	+104	+74	+37
	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-133	+100	+60	+30	0	-37
65 – 80									-102					
									-148					
80 – 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-124	+207	+159	+123	+87	+43
	+120	+72	+36	0	127	-38	-48	-58	-178	+120	+72	+36	0	-43
100 – 120									-144					
									-198					
120 – 140									-170					
									-233					
140 – 160	+208	+148	+106	+63	+31	+20	+8	-4	-190	+245	+165	+143	+100	+50
	+145	+85	+43	0	-31	-43	-55	-67	-253	+145	+85	+43	0	-50
160 – 180									-210					
									-273					
180 – 200									-236					
									-308					
200 – 226	+242	+172	+122	+72	+36	+22	+9	-5	-258	+285	+215	+165	+115	+57
	+170	+100	+50	0	-36	-50	-63	-77	-330	+170	+100	+50	0	-57
225 – 250									-284					
									-356					
250 – 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315	+320	+240	+186	+130	+65
	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-396	+190	+110	+56	0	-65
280 – 315									-350					
									-431					
315 – 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390	+350	+265	+202	+140	+70
	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-479	+210	+125	+62	0	-70
355 – 400									-435					
									-521					
400 – 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-490	+385	+290	+223	+155	+77
	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-587	+230	+135	+68	0	-77
450 – 500									-540					
									-637					

Таблиця 12.4. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	—6 —12	—2 —8	0 —6	+3,0 —3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	—10 —18	—4 —12	0 —8	+4,0 —4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	—13 —22	—5 —14	0 —9	+4,5 —4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	—16	—6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18	—27	—17	—11	—5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	—20	—7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30	—33	—20	—13	—6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+54 +41
30 – 40	—25	—9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
40 – 50	—41	—25	—16	—8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
50 – 65	—30	—10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
65 – 80	—49	—29	—19	—9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
80 – 100	—36	—12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
100 – 120	—58	—34	—22	—11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
120 – 140									+88 +63	+117 +92	+147 +122
140 – 160	—43 —68	—14 —39	0 —25	+12,5 —12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+90 +65	+125 +100	+159 +134
160 – 180									+93 +68	+133 +108	+171 +146
180 – 200									+106 +77	+151 +122	+195 +166
200 – 225	—50 —79	—15 —44	0 —29	+14,5 —14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180
225 – 250									+113 +84	+169 +140	+225 +196
250 – 280									+126 +94	+190 +158	+250 +218
280 – 315	—56 —88	—17 —49	0 —32	+16,0 —16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+130 +98	+202 +170	+272 +240
315 – 355									+144 +106	+226 +190	+304 +268
355 – 400	—62 —98	—18 —54	0 —36	+18,0 —18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
400 – 450									+166 +126	+272 +232	+370 +330
450 – 500	—68 —108	—20 —60	0 —40	+20,0 —20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172 +132	+292 +252	+400 +360



Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14	-6	0	+5	10	—	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	—	+4	+14	+18
Понад 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+41	+4	+8	+19	+23
6 – 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+2t
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
14 – 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
24 – 30	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
									+69
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
40 – 50	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
									+96
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
65 – 80	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
								+89	+132
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
100 – 120	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
								+114	+179
120 – 140								+79	+144
140 – 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
160 – 180								+140	+230
180 – 200								+148	+250
200 – 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+108	+210
	-146	-96	-46	23	+4	+17	+31	+168	+282
225 – 250								+122	+236
250 – 280								+176	+304
280 – 315	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+130	+258
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+186	+380
315 – 355								+140	+284
355 – 400	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+210	+367
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+158	+315
400 – 450								+222	+402
450 – 500	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+170	+350
	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+247	+447
								+190	+390
								+265	+492
								+208	+435
								+296	+553
								+232	+490
								+315	+603
								+252	+540

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхили, мкм													
Від 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	—	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Понад 3 до 6	-70	-30	-20	-10'	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+67	+77	-50	-32	-16	0	+21
	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+40	+50	-93	-75	-59	-43	-21
14 – 18								+72	+87					
								+45	+60					
18 – 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	+73	-117	-92	-72	-52	-26
24 – 30							+81	+97	+121					
							+48	+64	+88					
30 – 40	-120	-80	-50	-25	0	+19	+99	+119	+151	-80	-50	-25	0	+31
	-159	-119	-89	-64	-39	-19	+60	+80	+112	-142	-112	-87	-62	-31
40 – 50	-130						+109	+136	+175					
	-169						+70	+97	+136					
50 – 65	-140	-100	-60	-30	0	+23	+133	+168	+218	-100	-60	-30	0	+37
	-186	-146	-106	-76	-46	-23	+87	+122	+172	-174	-134	-104	-74	-37
65 – 80	-150						+148	+192	+256					
	-196						+102	+146	+210					
80 – 100	-170	-120	-72	-36	0	+27	+178	+232	+312	-120	-72	-36	0	+43
	-224	-174	-126	-90	-54	-27	+124	+178	+258	-207	-159	-123	-87	-43
100 – 120	-180						+198	+264	+364					
	-234						+144	+210	+310					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
	-263						+170	+248	+365					
140 – 160	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	+478	-145	-85	-43	0	+50
	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	+415	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
180 – 200	-240						+308	+422	+592					
	-312						+236	+350	+520					
200 – 225	-230	-170	-100	-50	0	+36	+330	+457	+647	-170	-100	-50	0	+57
	-332	-242	-172	-122	-72	-36	+258	+385	+575	-285	-215	-165	-115	-57
225 – 250	-280						+356	+497	+712					
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300	-190	-110	-56	0	+40	+396	+556	+791	-190	-110	-56	0	+65
	-381	-271	-191	-137	-81	-40	+315	+475	+710	-320	-240	-486	-130	-65
280 – 315	-330						+431	+606	+871					
	-411						+350	+525	+790					
315 – 355	-360	-210	-125	-62	0	+44	+479	+679	+989	-210	-125	-62	0	+70
	-449	-299	-214	-151	-89	-44	+390	+390	+900	-350	-265	-302	-140	-70
355 – 400	-400						+524	+749	+1089					
	-489						+435	+660	+1000					
400 – 450	-440	-230	-135	-68	0	+48	+587	+837	+1197	-230	-135	-68	0	+77
	-537	-327	-232	-165	-97	-48	+490	+740	+1100	-385	-290	-223	-155	-77
450 – 500	-480						+637	+917	+1347					
	-577						+540	+820	+1250					

## **Загальні вказівки до виконання та оформлення практичних робіт**

*Загальні вимоги.* Практичні роботи робота оформлюється у вигляді звітів окремо по кожній темі або у вигляді пояснювальної записки.

Пояснювальна записка виконується у рукописному або надрукованому вигляді на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 (210x297 мм) відповідно ГОСТ 2.105-87, ДСТУ 3321-2003, ДСТУ 4861:2007 до текстових документів. При друкуванні використовується шрифт текстового редактора Word, стиль – Times New Roman розмір 14 з полуторним міжрядко-вим інтервалом.

При оформленні пояснювальної записки рукописним способом необхідно використовувати чорнила і пасту тільки синяго і чорного кольорів.

Текст пояснювальної записки необхідно друкувати, залишаючи відступи таких розмірів: лівий – не менше 30 мм, правий не менше 10 мм, верхній і нижній – не менше 20 мм.

Шрифт друку повинен бути чітким, рядок-чорного кольору середньої жирності. Щільність тексту пояснювальної записки повинна бути однаковою.

Вписувати у текст пояснювальної записки іншомовні слова, формули, умовні позначення можна чорнилом, тушшю, пастою тільки чорного кольору, при цьому щільність вписаного тексту повинна бути наближеною до щільності основного тексту.

Друкарські помилки, описки і графічні неточності, які виявилися в процесі написання пояснювальної записки, можна виправляти підчищенням або зафарбуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого тексту (фрагменту рисунка) машинописним способом. Допускається наявність не більше двох виправлень на одній сторінці.

Роздруковані на ЕОМ програмні документи повинні відповідати формату А4 (мають бути розрізними), їх включають до загальної нумерації сторінок пояснювальної записки і розміщують, як правило, в додатках.

Текст основної частини пояснювальної записки поділяють на розділи, підрозділи, пункти та підпункти.

Заголовки структурних частин пояснювальної записки «ЗМІСТ», «УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ», «ДОДАТКИ», друкують великими літерами симетрично до тексту. Заголовки підрозділів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу. Крапку в кінці заголовку не ставлять. Якщо заголовок складається з двох або більше речень, їх розділяють крапкою. Заголовки пунктів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу в розрядці в підбор до тексту. В кінці заголовку, надрукованого у підбір до тексту, ставиться крапка.

Відстань між заголовком (за винятком заголовку пункту) та текстом повинна дорівнювати 2-3 інтервали.

Кожну структурну частину пояснювальної записки треба починати з нової сторінки.

До основного обсягу пояснювальної записки не входять додатки, список використаних джерел, таблиці та рисунки, які повністю займають сторінку. Але

всі сторінки зазначених елементів практичної роботи підлягають нумерації на загальних засадах.

*Нумерація.* Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів, таблиць, формул подають арабськими цифрами без знака №. Першою сторінкою пояснювальної записки є титульний аркуш, який включають до загальної нумерації сторінок. На титульному аркуші номер сторінки не ставлять.

Такі структурні частини пояснювальної записки, як зміст, перелік умовних позначень, вступ, висновки, список використаних джерел не мають порядкового номера. Звертаємо увагу на те, що всі аркуші, на яких розміщені згадані структурні частини курсової роботи, нумерують звичайним чином. Не нумерують лише заголовки, «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «ЛІТЕРАТУРА».

Підрозділи нумерують у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номеру розділу і порядкового номеру підрозділу, між якими ставлять крапку. В кінці номеру підрозділу повинна стояти крапка, наприклад: «1.3.» (третій підрозділ першого розділу). Потім у тому ж рядку йде заголовок підрозділу.

Пункти нумерують у межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з порядкових номерів розділу, підрозділу, пункту, між якими ставлять крапку. В кінці номеру повинна стояти крапка, наприклад: «2.3.2.» (другий пункт третього підрозділу другого розділу). Потім у тому ж рядку йде заголовок пункту. Пункт може не мати заголовку.

Підпункти нумерують у межах кожного пункту за такими ж правилами, як і пункти.

Ілюстрації (фотографії, кресленики, схеми, графіки, карти) і таблиці необхідно подавати в пояснювальній записки після тексту; де вони згадані вперше, або на наступній сторінці. Ілюстрації і таблиці, які розміщені на окремих сторінках пояснювальної записки, включають до загальної нумерації сторінок. Таблицю, рисунок або кресленик, розміри якого більше формату А4, враховують як одну сторінку і розміщують у відповідних місцях після згадування в тексті або у додатках.

Ілюстрації позначають словом «Рис.» і нумерують послідовно в межах розділу, за винятком ілюстрацій, поданих у додатках.

Номер ілюстрації повинен складатися з номеру розділу ілюстрації, між якими ставиться крапка.

Наприклад: Рис. 2.2 (другий рисунок другого розділу). Номер ілюстрації, її назва і пояснювальні підписи розміщують послідовно під ілюстрацією. Якщо в пояснювальній записки подано одну ілюстрацію, то її нумерують за загальними правилами.

Таблиці нумерують послідовно (за винятком таблиць, поданих у додатках) в межах розділу. В правому верхньому куті над відповідним заголовком таблиці розміщують напис «Таблиця» із зазначенням її номеру. Номер таблиці повинен складатися з номеру розділу і порядкового номеру таблиці, між якими ставиться крапка, наприклад: «Таблиця 2.2» (друга таблиця другого розділу).

Якщо у пояснювальній записки одна таблиця, її нумерують за загальними правилами.

При переносі частини таблиці на інший аркуш (сторінку) слово «Таблиця» і номер її вказують один раз праворуч над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть слова «Продовження табл.» і вказують номер таблиці, наприклад: «Продовження табл. 2.2».

Формули у пояснювальній записки (якщо їх більше однієї) нумерують у межах розділу. Номер формули складається з номеру розділу і порядкового номеру формули у розділі, між якими ставлять крапку. Номери формул пишуть біля правого краю аркушу на рівні відповідної формули в круглих дужках, наприклад: (3.2.) друга формула третього розділу.

Примітки до тексту і таблиць, в яких вказують довідкові і пояснювальні дані, нумерують послідовно у межах однієї сторінки. Якщо приміток на одному аркуші декілька, то після слова «Примітки» ставлять двокрапку, наприклад:

Примітки:

1. ....

2. ....

Якщо є одна примітка, то її не нумерують і після слова «Примітка» ставлять крапку.

*Ілюстрації.* Приводять у пояснювальній записки, виходячи із певного загального задуму, за ретельно продуманим тематичним планом. Кожна ілюстрація має відповідати тексту, а текст – ілюстрації.

Назви ілюстрацій розміщують після їхніх номерів. При необхідності ілюстрації доповнюють пояснювальними даними (підрисунковий підпис).

Підпис під ілюстрацією зазвичай має чотири основних елементи:

найменування графічного сюжету, що позначається скороченим словом «Рис.»;

порядковий номер ілюстрації, який вказується без знаку номеру арабськими цифрами;

тематичний заголовок ілюстрації містить стисло характеристику зображеного;

експлікація пояснює зображені на кресленнику елементи.

Наприклад: Експлікація розміщення елементів касети: 1-розмотувач плівки; 2-сталеві ролики; 3-привідний валець; 4-опорні стійки.

Основними видами ілюстративного матеріалу у пояснювальній записки є: кресленик, технічний рисунок, схема, фотографія, діаграма і графік.

Не варто оформлювати посилання на ілюстрації як самостійні фрази. У тому місці, де викладається матеріал, пов'язаний з ілюстрацією, розміщують посилання у вигляді виразу у круглих дужках (рис. 3.1) або зворот типу «...як це видно з рис. 4. 1» або «...як це показано на рис. 4.1.».

*Таблиці.* Цифровий матеріал, як правило, повинен оформлятися у вигляді таблиць.

Приклад побудови таблиці. Кожна таблиця повинна мати заголовок, якій розміщують над таблицею і друкують симетрично до тексту. Заголовок і слово «Таблиця» починають з великої літери. Заголовок не підкреслюють. Заголовок кожної граfi у головці має бути як можна коротшим. Слід уникати повторів

тематичного заголовку в заголовках граф, одиниці виміру зазначати у тематичному заголовку, виносити до узагальнюючих заголовків, що повторюються.

Таблиця (номер)  
Заголовок таблиці

Головка						
Рядки						

Заголовки граф  
Підзаголовки  
граф

Боковик

Графи (колонки)  
(заголовок рядків)

Боковик, як головка, вимагає лаконічності. Повторювані слова тут також виносять в об'єднувальні рубрики; загальні для всіх заголовків боковика слова розміщують у заголовку над ним.

У програмці повторювані елементи, які мають відношення до всієї таблиці, виносять в тематичний заголовок або в заголовок графи; однорідні числові дані розміщують так, щоб їх класи співпадали; неоднорідні – посередині графи; лапки використовують тільки замість однакових слів, які стоять одне під одним.

Заголовки граф повинні починатися з великих літер, підзаголовки – з маленьких, якщо вони складають одне речення із заголовком, і з великих, якщо вони є самостійними. Висота рядка повинна бути не меншою 8 мм. Графу з порядковими номерами рядків до таблиці включати не треба.

Таблицю розміщують після першого згадування про неї в тексті таким чином, щоб її можна було читати без повороту переплетеного блоку пояснювальної записки, або з поворотом за годинниковою стрілкою. Таблицю з великою кількістю рядків можна перенести на інший аркуш. При перенесенні таблиці на інший аркуш над продовженням таблиці з правого боку робиться надпис «Продовження табл. ...». Таблицю з великою кількістю граф можна ділити на частини і розмішувати одну частину під іншою в межах однієї сторінки. Якщо рядки або графи таблиці виходять за формат сторінки, то в першому випадку в кожній частині таблиць повторюють її головку, в другому випадку – боковик.

Якщо текст, який повторюється у графі таблиці, складається з одного слова, його можна замінити лапками, якщо з двох або більше слів, то при першому повторенні його замінюють словами «Те ж», а далі лапками. Ставити лапки замість цифр, марок, знаків, математичних і хімічних символів, які повторюються, не слід. Якщо цифрові або інші дані в якому-небудь рядку таблиці не подають, то в ньому ставлять прочерк.

*Формули.* При використанні формул необхідно дотримуватися певних техніко-орфографічних правил.

Довгі і громіздкі формули, котрі мають у складі знаки суми, добутку, диференціювання, інтегрування, розміщують на окремих рядках. Це стосується

також і всіх нумерованих формул. Для економії місця кілька коротких однотипних формул, відокремлених від тексту, можна подати в одному рядку, а не одну під одною. Невеличкі і нескладні формули, що не мають самостійного значення, вписують у середину рядків тексту.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів треба подавати безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони дані. Значення кожного символу і числового коефіцієнта треба подавати з нового рядка. «Перший рядок пояснення починають зі слова «де» без двокрапки.

Рівняння і формули треба виділяти з тексту вільними рядками. Вище і нижче кожної формули потрібно залишати не менше одного вільного рядку. Якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знаку рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (x) і ділення (:).

Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті. Інші формули нумерувати не рекомендується.

Порядкові номери позначають арабськими цифрами в круглих дужках біля правого боку. Номер, який не вміщується у рядку з формулою, переносять у наступний нижче формули. Номер формули при її перенесенні вміщують на рівні останнього рядку. Якщо формула знаходиться у рамці, то номер такої формули записують зовні рамки з правого боку напроти основного рядку формули. Номер формули-дробу подають на рівні основної горизонтальної риски формули.

Номери формул, розміщених на окремих рядках і об'єднаних фігурною дужкою (парантезом), ставляться праворуч від вістря парантеза, що заходиться в середини групи формул і направлено в сторону номеру.

Загальне правило пунктуації у тексті з формулами таке: формула входить до речення як його рівноправний елемент. Тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації.

Двокрапку перед формулою ставлять лише у випадках, передбачених правилами пунктуації; а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово;

б) цього вимагає побудова тексту, що попереджує формулі.

Розділовими знаками між формулами, котрі йдуть одна за одною і не відокремлені текстом, можуть бути кома або крапка з комою безпосередньо за формулою до її номера.

Розділові знаки при парантезі ставлять всередині парантеза. Після таких громіздких математичних виразів, як визначники і матриці, можна розділові знаки не ставити.

*Загальні правила цитування та посилання на використані джерела.* При написанні пояснювальної записки студент повинен давати посилання на літературні джерела, матеріали або окремі результати, які приводяться в роботі. Посилатися слід на останні видання публікацій. На більш ранні видання можна посилатися лише в тих випадках, коли у них є матеріал, який не включено до останніх видань.

Якщо використовують відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерел, на які подано посилення у практичній роботі.

Посилання у тексті пояснювальної записки на джерела слід зазначити порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, «...у [2-5]...».

Посилання на ілюстрації й формули практичної роботи вказують порядковими номерами ілюстрації (наприклад, «рис. 2.4.») і формули в дужках (3.2).

На всі таблиці практичної роботи повинно бути посилання в тексті, при цьому слово «таблиця» в тексті пишуть скорочено, наприклад, «...у табл. 2.3.».

У повторних посиланнях на таблиці та ілюстрації треба вказувати скорочено слово «дивись», наприклад: «див. табл. 2.2».

Не дозволяється у тексті застосовувати індекси стандартів (ДСТУ, ГОСТ, РСТУ, СТП) без реєстраційного номера.

*Оформлення списку використання джерел.* Список використання джерел – елемент бібліографічного апарату, який містить бібліографічні описи використаних джерел і розміщується після висновків.

Джерела можна розміщувати одним із таких способів: у порядку появи посилань у тексті (найбільш зручний для користування і рекомендований при написанні практичної роботи), в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або заголовків, у хронологічному порядку.

Відомості про джерела, включені до списку, необхідно давати відповідно до вимог державного стандарту з обов'язковим наведенням назв праць. Зокрема, потрібну інформацію щодо згаданих вимог можна одержати із таких стандартів: ГОСТ 7-84 “Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления”, ДСТУ 3582-97 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила».

*Додатки.* Додатки оформлюють як продовження практичної роботи на наступних її сторінках, розміщуючи їх у порядку появи посилань у тексті роботи.

Якщо додатки оформлюють на наступних сторінках практичної роботи, кожний такий додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі малими літерами з першої великої симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої друкується слово «Додаток» і велика літера, що позначає додаток.

Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, І, Ї, Й, Щ Ч Ъ, наприклад: додаток А, Додаток Б і т.д. Один додаток позначається як додаток



## Література

1. Цвіркун Л. О. В. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Л. О. Цвіркун, О. В. Омельченко Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2022. 117 с.
2. Набродов В. З. Допуски, посадки та технічні вимірювання : підруч. для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / В. З. Набродов. – Київ : Літера ЛТД, 2019. 224 с.
3. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Навчальний комплекс документів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Г. О. Іванов, В. С. Шибанін, Д. В. Бабенко та ін; за редакцією Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна. – К. : Аграрна освіта, 2014. 576 с.
4. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань. Підручник / Г. О. Іванов, В. С. Шибанін, Д. В. Бабенко, П. М. Полянський; за редакцією Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна. – Миколаїв, МНАУ, 2016 р. – 412 с.
5. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум. Підручник / Г. О. Іванов, В. С. Шибанін, Д. В. Бабенко, П. М. Полянський; за редакцією Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна. – Миколаїв, МНАУ, 2016 р. 428 с.
6. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Лабораторний практикум. Підручник / Г. О. Іванов, В. С. Шибанін, Д. В. Бабенко, П. М. Полянський; за редакцією Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна. – Миколаїв, МНАУ, 2016 р. 192 с.
7. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форми навчання з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання». Миколаїв, 2019. 100 с.  
Укладачі: Г.О. Іванов, Д.В. Бабенко, П.М. Полянський, С.М. Степанов, О.В. Баранова.

## ЗМІСТ

Практична робота 1. Розрахунок параметрів посадки з зазором .....	3
Практична робота 2. Розрахунок параметрів посадки з натягом .....	5
Практична робота 3. Розрахунок параметрів перехідній посадки .....	8
Практична робота 4. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань. Посадка з зазором .....	10
Практична робота 5. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань. Посадка з натягом .....	19
Практична робота 6. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань. Посадка перехідна .....	26
Практична робота 7. Розрахунок і вибір посадок з натягом .....	33
Практична робота 8. Розрахунок і вибір посадок з зазором .....	46
Практична робота 9. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці .....	56
Практична робота 10. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення .....	67
Практична робота 11. Вибір допусків і посадок шпонкових з'єднань	80
Практична робота 12. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань .....	89
Загальні вказівки до виконання та оформлення практичних робіт .....	99
Література .....	105
Зміст .....	106



Навчальне видання

**Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання:**

методичні рекомендації для виконання практичних робіт  
здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»  
денної та заочної форми здобуття вищої освіти

Укладачі:

**Іванов** Геннадій Олександрович.  
**Бабенко** Дмитро Володимирович.  
**Доценко** Наталія Андріївна та ін.

Технічний редактор: Полянський П.М., Іванов Г.О.  
Комп'ютерний набір – Іванов Г.О., Полянський П.М.

Комп'ютерна верстка – П.М. Полянський  
Формат 60x84/1/16. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк. 6,75. Наклад 50 прим. Зам. №

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54008, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.