№5.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -3 & -3 & -9/2 \\ 1 & 0 & -2 & -7/2 \\ 1 & -3 & 3 & -7/2 \\ 1 & 0 & 4 & -9/2 \end{pmatrix}$$

1) $\det A = \begin{vmatrix} 1 & -3 & -3 & -9/2 \\ 1 & 0 & -2 & -7/2 \\ 1 & -3 & 3 & -7/2 \\ 1 & 0 & 4 & -9/2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & -3 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -2 & -7/2 \\ 0 & 0 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 6 & -1 \end{vmatrix} =$

$= \begin{vmatrix} 1 & 0 & -2 & -7/2 \\ 0 & +3 & +1 & +1 \\ 0 & 0 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & +2 \end{vmatrix} = 2 \begin{vmatrix} 1 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} =$

$= 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 1 \neq 0 \Rightarrow \exists Q, R : A = QR$

ортогональная ↗   ↖ верхнетреугольная

2) $a_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$, $a_2 = \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \\ -3 \\ 0 \end{pmatrix}$, $a_3 = \begin{pmatrix} -3 \\ -2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$, $a_4 = \begin{pmatrix} -9/2 \\ -7/2 \\ -7/2 \\ -9/2 \end{pmatrix}$

↖ столбцы A.

Применим к $\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ процесс

ортогонализации Грама — Шмидта:

Пусть $b_1 = a_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$

$b_2 = a_2 - \dfrac{(b_1, a_2)}{(a_1, b_1)} b_1 = \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \\ -3 \\ 0 \end{pmatrix} - \dfrac{-6}{4} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} =$

$$= \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \\ -3 \\ 0 \end{pmatrix} + \frac{3}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \overset{\cdot 2}{\sim} \begin{pmatrix} -6 \\ 0 \\ -6 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 \\ 3 \\ -3 \\ 3 \end{pmatrix} \sim$$

$$\overset{\div 3}{\sim} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \Big/ b_2$$

$$b_3 = a_3 - \frac{(a_3, b_2)}{(b_2, b_2)} b_2 - \frac{(a_3, b_1)}{(b_1, b_1)} b_1 =$$

$$= \begin{pmatrix} -3 \\ -2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} - \frac{2}{4} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \frac{2}{4} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} -3 \\ -2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} - \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \frac{1}{2} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 \\ -2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} - \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} -3 \\ -3 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 \\ -3 \\ 3 \\ 3 \end{pmatrix} \overset{\div 3}{\sim} \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \Big/ b_3$$

$$b_4 = a_4 - \frac{(b_3, a_4)}{(b_3, b_3)} b_3 - \frac{(b_2, a_4)}{(b_2, b_2)} b_2 - \frac{(b_1, a_4)}{(b_1, b_1)} b_1 =$$

$$= \begin{pmatrix} -9/2 \\ -7/2 \\ -7/2 \\ -9/2 \end{pmatrix} - \frac{0}{4} \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \frac{0}{4} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} - \frac{-16}{4} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} -9/2 \\ -7/2 \\ -7/2 \\ -9/2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1/2 \\ 1/2 \\ 1/2 \\ -1/2 \end{pmatrix} \overset{\cdot 2}{\sim} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} \Big/ b_4$$

$\circledcirc \Rightarrow$
$$\begin{cases} b_1 = a_1 \\ b_2 = \left(a_2 + \frac{3}{2}b_1\right)\cdot\frac{2}{3} \\ b_3 = \left(a_3 - \frac{1}{2}b_2 - \frac{1}{2}b_1\right)\cdot\frac{1}{3} \\ b_4 = \left(a_4 + 4b_1\right)\cdot 2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a_1 = b_1 \\ a_2 = \frac{3}{2}b_2 - \frac{3}{2}b_1 \\ a_3 = 3b_3 + \frac{1}{2}b_2 + \frac{1}{2}b_1 \\ a_4 = \frac{1}{2}b_4 - 4b_1 \end{cases} \qquad \boxed{\Rightarrow}$$

Нормируем $\{b_1, ..., b_4\}$:

$$q_1 = \frac{\frac{1}{2}b_1}{\|b_1\|}, \quad q_2 = \frac{\frac{1}{2}b_2}{\|b_2\|}, \quad q_3 = \frac{\frac{1}{2}b_3}{\|b_3\|}, \quad q_4 = \frac{\frac{1}{2}b_4}{\|b_4\|}$$

$$\Rightarrow b_i = 2q_i, \quad q_i - \text{ОНБ} \Rightarrow Q = (q_1\ q_2\ q_3\ q_4) -$$
ортогональная
матрица.

$$\boxed{\Rightarrow} \begin{cases} a_1 = 2q_1 \\ a_2 = 3q_2 - 3q_1 \\ a_3 = 6q_3 + q_2 + q_1 \\ a_4 = q_4 - 8q_1 \end{cases} \overset{A}{\Longleftrightarrow} (a_1\ a_2\ a_3\ a_4) =$$

$$= \underset{\underset{Q}{\uparrow}}{(q_1\ q_2\ q_3\ q_4)} \cdot \underset{\underset{R}{\|}}{\begin{pmatrix} 2 & -3 & 1 & -8 \\ 0 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}}$$

Ответ: $A = \begin{pmatrix} 1/2 & -1/2 & -1/2 & -1/2 \\ 1/2 & 1/2 & -1/2 & 1/2 \\ 1/2 & -1/2 & 1/2 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 & -1/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & -3 & 1 & -8 \\ 0 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

$\underbrace{}_{Q} \qquad \underbrace{}_{R}$

№ 8

$A = \begin{pmatrix} 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & 1/2 & -1/2 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -1/2 & 1/2 \end{pmatrix}$ — ортогональна $\Lambda\mathcal{O}$ по условию

Заметим, что $A \neq A^T \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Оператор с матрицей A (лин.)

является композицией отображения и
поворота по
теореме Эйлера.

$\Rightarrow \lambda_3 = 1$ или $\lambda_3 = -1$.

1) Пусть $\lambda_3 = 1$ — с.з. A. Найдём с.в.

Тогда $A - \lambda_3 E = A - E = \begin{pmatrix} -1 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -1/2 & -1/2 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -1/2 & -1/2 \end{pmatrix} \rightarrow$

$\rightarrow \begin{pmatrix} -2 & \sqrt{2} & \sqrt{2} \\ -\sqrt{2} & -1 & -1 \\ -\sqrt{2} & -1 & -1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} -2 & \sqrt{2} & \sqrt{2} \\ -\sqrt{2} & -1 & -1 \end{pmatrix} \rightarrow$

$\rightarrow \begin{pmatrix} -2 & \sqrt{2} & \sqrt{2} \\ 2 & \sqrt{2} & \sqrt{2} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} -2 & \sqrt{2} & \sqrt{2} \\ 0 & 2\sqrt{2} & 2\sqrt{2} \end{pmatrix} \rightarrow$

$$\rightarrow \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \overset{\textcircled{+}}{\Rightarrow} \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = -x_3 \Rightarrow C.\text{(.:.} \begin{Bmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \end{Bmatrix} \\ x_3 = x_3 \end{cases}$$

λ_3 — действительно C.3.

e_3 — ось поворота $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ плоскость поворота

$L = \langle e_3 \rangle^{\perp}$ Найдём

ОНБ $L - \{e_1, e_2\}$

$e_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}$ — нормированный C.б. —ось поворота 10 A

$$L = \langle \begin{pmatrix} -2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \rangle \text{ из решения } \textcircled{*}$$

$$\Rightarrow \{e_1, e_2\} \sim \{ \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \} \Rightarrow e_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, e_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

$\Rightarrow \{e_1, e_2, e_3\}$ — канонический базис.

$\blacklozenge$ $A e_1 = \cos\alpha \cdot e_1 + \sin\alpha \cdot e_2$, так- как A — поворот в плоскости $\langle e_1, e_2 \rangle$ На угол α.

$$\Rightarrow \begin{cases} (A e_1, e_1) = \cos\alpha \overset{1}{(e_1, e_1)} + \sin\alpha \overset{0}{(e_2, e_1)} \\ (A e_1, e_2) = \cos\alpha \overset{0}{(e_1, e_2)} + \sin\alpha \overset{1}{(e_2, e_2)} \end{cases}$$

$\blacklozenge$ Учитывая, что $\{e_1, e_2\}$ — ОНБ,

$$\begin{cases} \cos\alpha = (A e_1, e_1) \\ \sin\alpha = (A e_1, e_2) \end{cases}$$

$$\bullet \ Ae_1 = \begin{pmatrix} 0 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \\ -\sqrt{2}/2 & 1/2 & -1/2 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -1/2 & 1/2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -\sqrt{2}/2 \\ -\sqrt{2}/2 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow (Ae_1, e_1) = 0 \Rightarrow \cos\alpha = 0$$

$$\bullet \ Ae_2 = \cancel{\begin{pmatrix} 0 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \\ -\sqrt{2}/2 & 1/2 & -1/2 \\ -\sqrt{2}/2 & -1/2 & 1/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ \sqrt{2}/2 \\ \sqrt{2}/2 \end{pmatrix}}$$

$$= \cancel{\frac{1}{4} \begin{pmatrix} 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} \\ -\sqrt{2} & 1 & -1 \\ -\sqrt{2} & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \end{pmatrix} = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}}$$

$$\cancel{\Rightarrow (Ae_2, e_2) =}$$

$$\Rightarrow (Ae_1, e_2) = -\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = -1 \Rightarrow \sin\alpha = -1,$$

$$\Rightarrow K = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \text{канонический вид } A.$$

$$\begin{cases} \cos\alpha = 0 \\ \sin\alpha = -1 \end{cases} \Rightarrow \alpha = \frac{3\pi}{2} - \text{угол поворота}$$

Ответ: $K = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \ \alpha = \frac{3\pi}{2};$

ось поворота: прямая с направляющим вектором $e_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ -\sqrt{2}/2 \\ \sqrt{2}/2 \end{pmatrix}$.

$$A = \begin{pmatrix} 14 & -14 & -10 & 10 \\ -10 & 10 & 14 & -14 \end{pmatrix}$$

Рассмотрим $B = A^T$ и найдём сингулярное разложение $B_{4\times 2} = V_{4\times 4} \cdot S_{4\times 2} \cdot U_{2\times 2}^T$.

Тогда $B^T = (VSU^T)^T = US^TV^T = U\Sigma V^T$

$\Rightarrow A = B^T = U_{2\times 2} \cdot \Sigma_{2\times 4} \cdot V_{4\times 4}^T$

$$B = \begin{pmatrix} 14 & -10 \\ -14 & 10 \\ -10 & 14 \\ 10 & -14 \end{pmatrix}$$

$$B^T B = \begin{pmatrix} 14 & -14 & -10 & 10 \\ -10 & 10 & 14 & -14 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 14 & -10 \\ -14 & 10 \\ -10 & 14 \\ 10 & -14 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 592 & -560 \\ -560 & 592 \end{pmatrix}$$

$$\chi_{B^T B}(\lambda) = \begin{vmatrix} 592-\lambda & -560 \\ -560 & 592-\lambda \end{vmatrix} = (592-\lambda)^2 - 560^2 =$$

$$= (592-\lambda-560)(592-\lambda+560) =$$

$$= (32-\lambda)(1152-\lambda)$$

$\Downarrow$

$\begin{bmatrix} \lambda_1 = 32 \\ \lambda_2 = 1152 \end{bmatrix}$ — с.з. $B^T B \Rightarrow \begin{bmatrix} \sigma_1 = \sqrt{\lambda_1} = \sqrt{32} = 4\sqrt{2} \\ \sigma_2 = \sqrt{\lambda_2} = \sqrt{1152} = 24\sqrt{2} \end{bmatrix}$ — сингулярные числа B.

1) $\lambda_1 = 32$

$$B^T B - \lambda_1 E = \begin{pmatrix} 560 & -560 \\ -560 & 560 \end{pmatrix} \rightarrow (1 \ -1) \Rightarrow \text{c.в.:} \left\{ \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \right\}$$

$$u_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

2) $\lambda_2 = 1152$

$$B^T B - \lambda_2 E = \begin{pmatrix} -560 & -560 \\ -560 & -560 \end{pmatrix} \Rightarrow (1 \ 1) \Rightarrow \text{c.в.:} \left\{ \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix} \right\}$$

$$u_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Учитывая, что $\sigma_2 > \sigma_1$,

$$S = \begin{pmatrix} 24\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 4\sqrt{2} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad U = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Так как $\{u_1, u_2\}$ — ОНБ, U — ортогональная матрица.

Найдём V: $V_i = \dfrac{Bu_i}{\sigma_i}$

$$V_1 = \frac{Bu_1}{\sigma_1} = \frac{1}{24\sqrt{2}\sqrt{2}} \cdot \begin{pmatrix} 14 & -10 \\ -14 & 10 \\ -10 & 14 \\ 10 & -14 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix} =$$

$$= \frac{1}{24 \cdot 2} \begin{pmatrix} -24 \\ 24 \\ 24 \\ -24 \end{pmatrix} = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$V_2 = \frac{Bu_2}{\sigma_2} = \frac{1}{4\sqrt{2}\cdot\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 14 & -10 \\ -14 & 10 \\ -10 & 14 \\ 10 & -14 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} =$$

$$= \frac{1}{8}\begin{pmatrix} 4 \\ -4 \\ 4 \\ -4 \end{pmatrix} = \left\{ \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} \right.$$

$\{V_3, V_4\}$ — ортонормированное дополнение $\{V_1, V_2\}$ до ОНБ $\mathbb{R}^4$. (Найдём ФСР СЛАУ $(V_1 V_2)^T x = 0$)

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = x_2 \\ x_2 = x_2 \\ x_3 = x_4 \\ x_4 = x_4 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \{V_3, V_4\} \sim \left\{ \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \right\}$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \; V_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow V = \begin{pmatrix} -1/2 & 1/2 & 1/\sqrt{2} & 0 \\ 1/2 & -1/2 & 1/\sqrt{2} & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 1/\sqrt{2} \\ -1/2 & -1/2 & 0 & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow A = \underbrace{\begin{pmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix}}_{U} \underbrace{\begin{pmatrix} 24\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4\sqrt{2} & 0 & 0 \end{pmatrix}}_{\Sigma} \underbrace{\begin{pmatrix} -1/2 & 1/2 & 1/\sqrt{2} & 0 \\ 1/2 & -1/2 & 1/\sqrt{2} & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 1/\sqrt{2} \\ -1/2 & -1/2 & 0 & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix}^{T}}_{V}$$

Ответ: ↗

Проверка:

$$U \Sigma V^{T} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \sqrt{2}\begin{pmatrix} 24 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{4}{2} & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{2}\begin{pmatrix} -1 & 1 & \sqrt{2} & 0 \\ 1 & -1 & \sqrt{2} & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & -1 & 0 & \sqrt{2} \end{pmatrix}^{T} =$$

$$= \begin{pmatrix} -12 & 2 & 0 & 0 \\ 12 & 2 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 14 & -14 & -10 & 10 \\ -10 & 10 & 14 & -14 \end{pmatrix} = A - \text{верно}.$$

$$A' = \begin{pmatrix} -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 24\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1/2 & 1/2 & 1/\sqrt{2} & 0 \\ 1/2 & -1/2 & 1/\sqrt{2} & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 1/\sqrt{2} \\ -1/2 & -1/2 & 0 & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix}^{T} =$$

$$= \begin{pmatrix} -24 & 0 & 0 & 0 \\ 24 & 0 & 0 & 0 \\ 12 & & & \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{2} \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 12 & -12 & -12 & 12 \\ -12 & 12 & 12 & -12 \end{pmatrix}$$

Ответ: ↗