

А.Е.Елешова

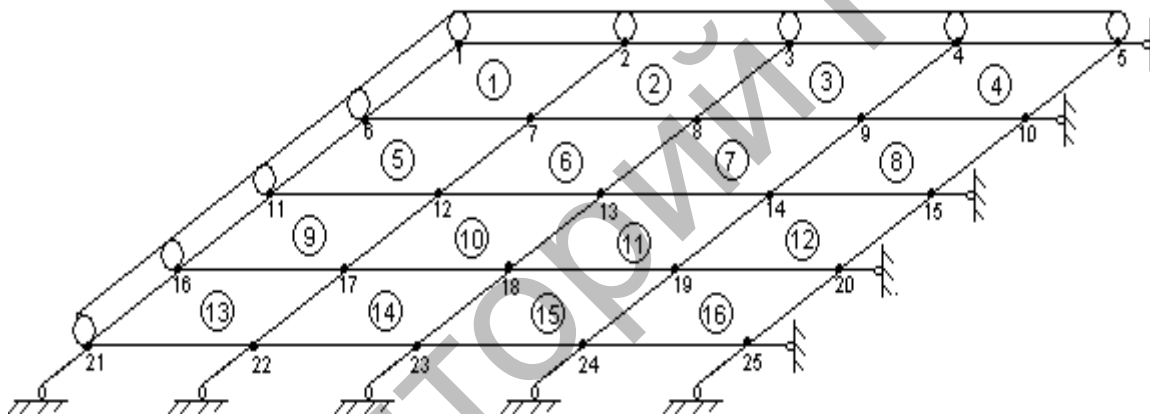
Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті

ИЗОТРОПТЫ ТОПСАЛЫ БЕКІТІЛГЕН ПЛАСТИНАНЫ АҚЫРЛЫ ЭЛЕМЕНТТЕР ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЕСЕПТЕУ

Статья посвящена расчету изгиба пластины методом конечных элементов с учетом поперечных сдвигов и подкрепляющих ребер. Приведены результаты расчета при действии распределенной нагрузки.

Article is devoted calculation of a plate the basis by a method of final elements taking into account cross-section shifts and supporting edges. Results of calculation are resulted at action of the distributed loading.

Шеттері топса арқылы бекітілген изотропты жұқа пластинаны қарастырамыз. Осы пластинаны бірқалыпты жүктеме әсеріне есептеу үшін ақырлы элемент әдісін қолданамыз. Пластинаның симметриясын ескере отырып (қадамы $\lambda = \frac{1}{8}$), оның ширек бөлігін қарастырамыз (сур. кара).



Сур. Изотропты жұқа пластина

Пластинаның негізгі параметрлері:

– ығысуды ескеретін

$$G = \frac{\mu \cdot D}{G_0 F \cdot a^2},$$

мұнда $\mu = 1,2$ — көлденең жанамалық кернеудің параметрі; D — пластинаның цилиндрлік қатаңдығы; $G_0 F$ — пластинаның көлденең ығысу қатаңдығы; a — пластинаның қабырғасының ұзындығы;

– серпімділі қабырғаның бұралуын

$$\psi = \frac{GJ_p}{EJ},$$

мұнда GJ_p — қабырғаның бұралу қатаңдығы; EJ -оның иілу қатаңдығы;

– серпімділі қабырғаның иілуін

$$\phi = \frac{EJ}{D}.$$

Серпімділі қабырғалар пластинаның ортасында орналасқан, яғни 21–25 және 5–25 түйіндерде. Қарастырылып отырған пластинаны есептеу үшін, «Plast.for» программасын қолданып, алынған кейбір нәтижелерді кесте түрінде көрсетеміз:

1. Пластинаның серпімділі қабырғалары $\phi = 0$, $\psi = 0$ және көлденең ығысу $G = 0$ болмаған жағдайда (1-кесте):

1 - кесте

Түйін	21	22	23	24	25
W	0	0,001650	0,002987	0,003838	0,004129
M_x	-0,001184	-0,026143	-0,040080	-0,046899	-0,048918
Q_x	-0,282289	-0,231803	-0,140773	-0,066089	-0,031949
\tilde{W}	-0,011184	-0,036367	-0,058862	-0,071294	-0,075258
α	0,013705	0,012265	0,008905	0,004628	0
Түйін	1	2	3	4	5
R	0,056458	-0,022477	-0,036305	-0,042780	-0,022369
M_{xy}	0,065983	0,057473	0,040522	0,020819	0,000292
Q_y	-0,010458	-0,147266	-0,229001	-0,269434	-0,282291

2. Пластинаның серпімділі қабырғалары $\phi = 0$, $\psi = 0$ және көлденең ығысу $G = 0$ болмаған жағдайда және пластинаның 11–12 және 15–16 элементтерінің цилиндрлік қатандығы $D = 0,5$ (2-кесте):

2 - кесте

Түйін	21	22	23	24	25
W	0	0,002061	0,003904	0,005231	0,005688
M_x	-0,001286	-0,021736	-0,028386	-0,036683	-0,038499
Q_x	-0,269885	-0,216418	-0,138810	-0,074374	-0,034078
\tilde{W}	-0,001286	-0,034832	-0,048035	-0,055182	-0,059230
α	0,016879	0,015779	0,013684	0,007270	0

3. Көлденең ығысуды ескеру $G = 10$ және серпімділі қабырғалар $\phi = 0$, $\psi = 0$ болмаған жағдайда (3-кесте):

3 - кесте

Түйін	21	22	23	24	25
W	0	0,002261	0,003890	0,004871	0,005199
M_x	0,007793	-0,021847	-0,033532	-0,039863	-0,041861
Q_x	-11,779700	-9,322616	-5,203646	-2,315156	-1,088549
\tilde{W}	0,708856	-0,204221	-0,194564	-0,192888	-0,193022
α	0,010943	0,009860	0,007289	0,003845	0
Түйін	1	2	3	4	5
R	0,160586	-0,048077	-0,050362	-0,051576	-0,025978
M_{xy}	0,030290	0,049232	0,031842	0,015914	-0,006226
Q_y	-0,041147	-4,693652	-8,425587	-10,913830	-11,779700

4. Көлденең ығысу болмаған $G = 0$ және серпімділі қабырғалар тек иілген $\phi = 7,28$, $\psi = 0$ жағдайда (4-кесте):

4 - кесте

Түйін	21	22	23	24	25
W	0	0,000103	0,000188	0,000242	0,000260
M_x	-0,000011	0,002310	0,001953	-0,000675	-0,003038
Q_x	0,085277	0,045204	-0,029901	-0,063888	-0,062842
\tilde{W}	-0,000011	0,010648	0,011290	0,003178	-0,004673
α	0,000852	0,000772	0,000565	0,000291	0
Түйін	1	2	3	4	5
R	0,009719	-0,011857	-0,014478	-0,003548	-0,070679
M_{xy}	0,015799	0,019951	0,001233	-0,013207	-0,001458
Q_y	-0,010069	-0,083546	-0,100511	-0,052729	0,085277

5. Көлденең ығысу болмаған $G=0$ және серпімділі қабырғалар тек бұралған $\phi=0, \psi=0,4808$ жағдайда (5-кесте):

5 - кесте

Түйін	21	22	23	24	25
W	0	0,001650	0,002987	0,003838	0,004129
M_x	-0,001184	-0,026143	-0,040080	-0,046899	-0,048918
Q_x	-0,001184	-0,036367	-0,058862	-0,071294	-0,075258
\tilde{W}	-0,001184	-0,036367	-0,058862	-0,071294	-0,075258
α	0,013705	0,012265	0,008905	0,004628	0
Түйін	1	2	3	4	5
R	0,056458	-0,022477	-0,036305	-0,042780	-0,022369
M_{xy}	0,065983	0,114946	0,081044	0,041637	0,000292
Q_y	-0,010458	-0,147266	-0,229001	-0,269434	-0,282291

6. Көлденең ығысу $G=10$ және серпімділі қабырғалар иіліп бұралған $\phi=7,28, \psi=0,4808$ жағдайда (6-кесте):

6 - кесте

Түйін	21	22	23	24	25
W	0	0,000101	0,000184	0,000236	0,000254
M_x	-0,019212	0,006668	0,005530	0,007740	-0,032424
Q_x	0,224006	0,158855	0,016028	-0,044387	-0,027125
\tilde{W}	0,037256	0,088806	0,120323	0,076811	0,041359
α	0,000832	0,000754	0,000553	0,000284	0
Түйін	1	2	3	4	5
R	0,031282	-0,021240	-0,021700	-0,021809	-0,046591
M_{xy}	0,010967	0,014783	0,006737	0,001110	0,003294
Q_y	-0,031130	-0,085238	-1,158046	-0,849368	0,224006

Осы кестелер бойынша мынандай тұжырымдарды жасауға болады:
Көлденең ығысуды ескергендегі:

- үлкен тік жылжу 25 түйінде (3-кесте) пайда болады $W_{\max}^{25} = 0,005199 \frac{qa^4}{D}$;
- горизонталь бағыттағы үлкен момент 25 түйінде (3-кесте) пайда болады $M_{x(\max)}^{25} = -0,041861qa^2$;
- горизонталь бағыттағы үлкен көлденең күш 21 түйінде (3-кесте) пайда болады $Q_{x(\max)}^{21} = -11,779700qa$;
- ығысудағы үлкен майысу 21 түйінде (3-кесте) пайда болады $\tilde{W}_{\max}^{21} = -0,708856 \frac{D}{\mu GF} qa^2$;
- горизонталь бағыттағы үлкен бұрыштық жылжу 21 түйінде (3-кесте) пайда болады $\alpha_{\max}^{21} = 0,010943 \frac{qa^3}{D}$;
- үлкен тік реакция 1 түйінде (3-кесте) пайда болады $R_{\max}^1 = 0,160586qa^2$;
- үлкен бұралу моменті 2 түйінде (3-кесте) пайда болады $M_{xy(\max)}^2 = 0,049232qa^2$;
- вертикаль бағыттағы үлкен көлденең күш 5 түйінде (3-кесте) пайда болады $Q_{x(\max)}^5 = -11,779700qa$.

Пластинаның серпімділі қабырғалары $\phi = 0$, $\psi = 0$ және көлденең ығысу $G = 0$ болмаған кезде және пластинаның 11–12 және 15–16 элементтерінің цилиндрлік қатаңдығы $D = 0,5$ болған жағдайда (2-кесте):

– үлкен тік жылжу 25 түйінде (2-кесте) пайда болады $W_{\max}^{25} = 0,005688 \frac{qa^4}{D}$;

– горизонталь бағыттағы үлкен момент 25 түйінде (2-кесте) пайда болады $M_{x(\max)}^{25} = -0,038449qa^2$;

– горизонталь бағыттағы үлкен көлденең күш 23 түйінде (2-кесте) пайда болады $Q_{x(\max)}^{23} = -0,138810qa$.

(1) және (2) кестелерді салыстыра отырып, 11–12 және 15–16 элементтерінің цилиндрлік қатаңдықтары аз болғанда үлкен тік жылжудың мәндерінің ұлғаятынын, горизонталь бағыттағы момент және горизонталь бағыттағы көлденең күш мәндерінің кішірейетінін көреміз.

Енді осы есептің 21–25, 1–5 қималарында серпімділі қабырғалар орналасқанда $\phi = 7,28$, $\psi = 0,4808$ және пластинаға жайылған жүктеме ($MU=0$) әсер еткендегі шешімін қарастырамыз.

Бұл жағдайда негізгі параметрлердің үлкен мәндері тең болады:

– үлкен тік жылжу 25 түйінде (5-кесте) пайда болады $W_{\max}^{25} = 0,004129 \frac{qa^4}{D}$;

– горизонталь бағыттағы үлкен момент 25 түйінде (5-кесте) пайда болады $M_{x(\max)}^{25} = -0,048918qa^2$;

– горизонталь бағыттағы үлкен көлденең күш 21 түйінде (4-кесте) пайда болады $Q_{x(\max)}^{21} = 0,085277qa$;

– ығысудағы үлкен майысу 25 түйінде (5-кесте) пайда болады $\tilde{W}_{\max}^{25} = -0,075258 \frac{D}{\mu_0 GF} qa^2$;

– горизонталь бағыттағы үлкен бұрыштық жылжу 21 түйінде (5-кесте) пайда болады $\alpha_{\max}^{21} = 0,0113705 \frac{qa^2}{D}$.

Алынған шешімдерді бір-бірімен салыстырып, серпімділі қабырға болған жағдайдағы мәндердің кіші болатынын көреміз. Сөйтіп, «Plast.for» программасы арқылы серпімділі қабырғалы изотропты топсалы пластинаның иілу есебінің шешімін толық түрде алуға болатындығын көреміз.

Әдебиеттер тізімі

1. *Зенкевич О., Чанг И.* Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред. — М.: Недра, 1974. — 240 с.
2. *Турсунов К.А., Турсунов Д.К.* Конструкциялардың кеңістік элементтерін есептеу негіздері. — Қарағанды: ҚарМУ баспасы, 2007. — 215 б.
3. *Турсунов К.А., Елешова А.Е.* Автоматизация расчета изгиба прямоугольных пластин // ҚарМУ хабаршысы. — Қарағанды: Изд-во КарГУ, 2003. — С. 47–56.
4. *Елешова А.Е.* Төртбұрышты мөлшерлі элементтің қатаңдық матрицасы // ҚарМУ хабаршысы. — Қарағанды: ҚарМУ баспасы, 2003. — № 1 (29). — 107–112-б.
5. *Турсунов К.А.* Об одном методе расчета изгибаемых пластин // Вестн. КарГУ. — Қарағанды: Изд-во КарГУ, 2002. — № 3(27). — Вып. 1. — С. 14–21.