

Получена: 03.11.2017 г.

Приета: 14.11.2017 г.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАГУБА НА УСТОЙЧИВОСТ НА ПРАВОЪГЪЛНИ ПЛОЧИ, НАТОВАРЕНИ С РАВНИНЕН НОРМАЛЕН ТОВАР, РАЗПРЕДЕЛЕН ПО ЛИНЕЕН ЗАКОН

Ст. Доспевски¹, З. Бонев²

Ключови думи: устойчивост на плочи, критична стойност на товара, геометрична матрица на коравина

РЕЗЮМЕ

Задачата за устойчивост на плочи играе важна роля при изчисляване и проектиране на стелбата и поясите на стоманени греди, които често са подложени на натиск или опън и имат линейно разпределение. Проблемът е тясно свързан с огъване на греди.

Предлага се нов метод за определяне на критичната стойност на външния товар. Огъвателната коравина на плочата се реализира чрез метода на крайните елементи, приложен за правоъгълни плочи. Втората подконструкция се състои от корави прътови елементи, с които се реализира пренасянето на нормалните товари.

Предложеният метод е анализиран и изследван чрез метода на крайните елементи и чрез точни аналитични решения. Резултатите показват, че точността на метода е много добра и те са в полза на сигурността.

1. Въведение

Проблемът устойчивост на плочи от самоуравновесени по две срещулежащи страни нормални към тях равнинни товари е важен за редица инженерни приложения в проектирането. В настоящата статия е разработен един ефективен числен метод за

¹ Станислав Доспевски, гл. ас. д-р инж., кат. „Строителна механика”, УАСГ, бул. “Христо Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: stdospevsky@abv.bg

² Здравко Бонев, проф. д-р инж., кат. „Строителна механика”, УАСГ, бул. “Христо Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: zbp_uacg@abv.bg

определяне на критичната стойност на параметъра на външното натоварване. Задачата е решена при следните предпоставки: физически линейно поведение на материала на плочата; неразтежима средна равнина, разполовяваща дебелината на плочата; геометрически линейна теория на деформациите, но с отчитане на ефектите от втори ред. Предложеният метод е приблизителен и се основава на идеите на метода на крайните елементи. Геометрически линейната матрица на коравина се получава чрез преминаване през матрицата на податливост, за която се използват серия от решения на плочата от единични вертикални сили във вътрешните възли от мрежата. В метода на крайните елементи, в съгласие с теорията от втори ред, се предлага и метод за получаване на геометричната матрица на коравина, чрез която се отчитат ефектите от втори ред в решението за вертикалните премествания на възлите. В тази статия геометричната матрица на коравина не е получена по този общ за метода на крайните елементи начин, а с помощта на правоъгълна мрежа от ставно свързани прътови елементи, следващи геометрията на мрежата от крайни елементи. В статията се показва, че за решаваната задача предлаганият метод води до по-бързо и достатъчно точно определяне на геометричната матрица на коравина и тя има по-проста структура от аналогичната матрица, определена с метода на крайните елементи и функциите на формата за плочовия елемент. В работите [2] и [3] се показва как се получава геометричната матрица на коравина, при условие, че товарът по двете срещулежащи страни има равномерно разпределение.

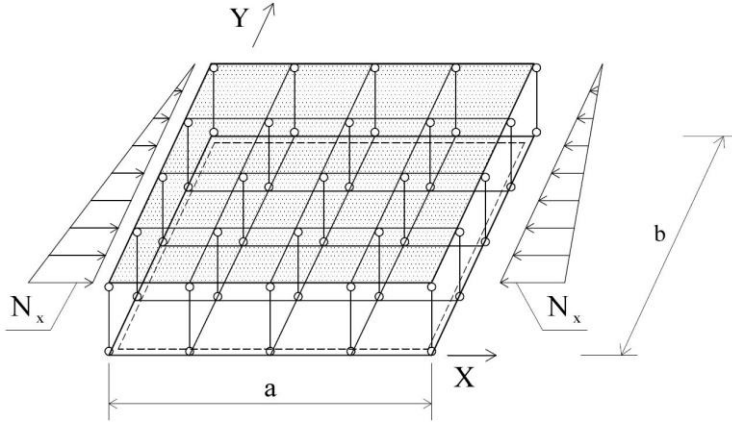
В статията е възприета идеята, че при прилагания подход и при линейно разпределение на равнинния натисков товар геометричната матрица на коравина може да се получи по същата методология, както при равномерно разпределение на натисковия товар, както това е направено в [2] и [3]. Елементите на геометричната матрица на коравина в разглежданата постановка на задачата се получават по методиката от [2] и [3], но геометричната матрица на коравина за случая на линейно разпределен нормален товар се различава от тази за постоянен товар. Причината за това е, че нормалните сили, които се пренасят чрез прътови елементи, в двата случая са различни.

Приложението на предлагания числен метод е демонстрирано върху модели с различна гъстота на мрежата от крайни елементи. С помощта на линейно изменящ се по две срещулежащи страни товар се моделират зони, в които прътовите елементи пренасят натиск и зони, в които те пренасят опън, който оказва стабилизиращо действие на плочата. Резултатите за критичната стойност на товара от решените примери са сравнени със съответните им резултати, получени с аналитичен метод [1]. Направени са и сравнения с резултати, получени с програма SAP 2000 [4] по МКЕ. С тези сравнения предлаганият метод е верифициран.

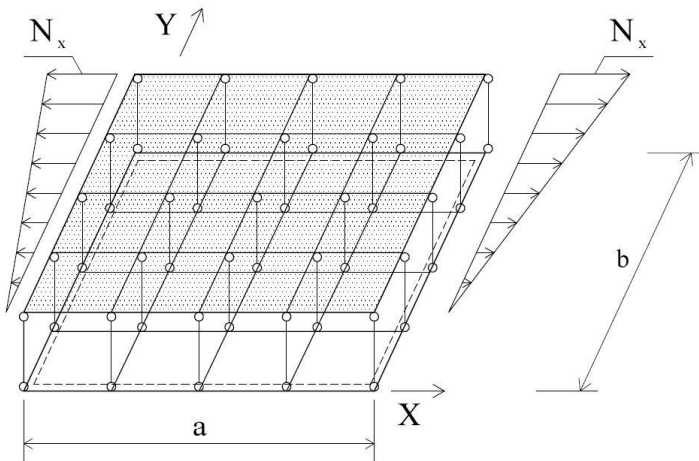
2. Теоретични основи на предлагания числен метод

Геометричната матрица на коравина съдържа приноса на нормалните сили в прътовите елементи, разположени по направление на действащия равнинен товар. На фиг. 1 е показана схемата за пренасяне на нормалния към натоварените страни линейно разпределен натисков товар. На фиг. 2 е показана схемата за пренасяне на нормалния към натоварените страни линейно разпределен опънен товар. Нормалните сили в мислените ставно-прътови елементи се определят на основата на извършено предварително решение чрез формулировка на задача за равнинно напрегнато състояние. При приета предпоставка за неразтежима средна равнина разпределението на нормалните сили от външния товар става на основата на геометричен подход – чрез „товарни ивици“. В този

случай разпределението на нормалните сили следва формата на външния нормален товар. Когато средната равнина е разтежима, товарът за всяка ивица се определя с формулировка на задача за равнинно напрегнато състояние, а от натоварването на ивицата се стига до нормалната сила в прътовите елементи.

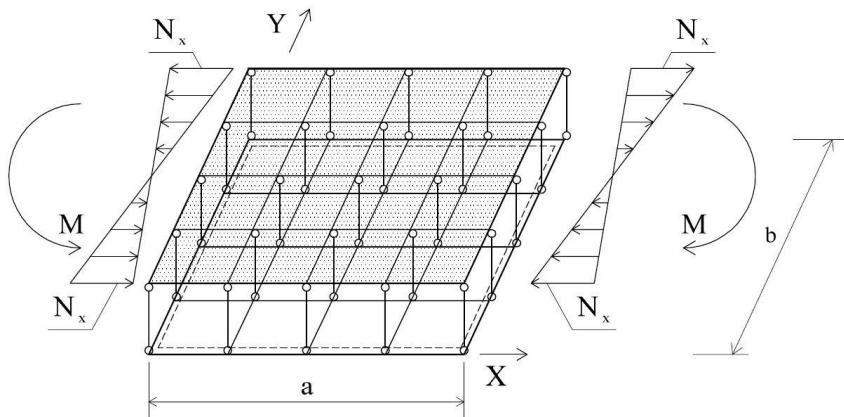


Фиг. 1. Изчислителен модел на плочата, подложена на линейно изменящ се по ос Y натисков товар, приложен в средната равнина на плочата



Фиг. 2. Изчислителен модел на плочата, подложена на линейно изменящ се по ос Y опънен товар, приложен в средната равнина на плочата

Формулирането на две помощни задачи – с линейно разпределен натисков товар (фиг. 1) и линейно разпределен опънен товар (фиг. 2) дава възможност те да се комбинират и да се стигне до формулировката, показана на фиг. 3. При нея товарът на двете срещулежащи страни е двузачен и е статически еквивалентен на момент в равнината на плочата. Разпределението на външните сили следва разпределението на нормалните напрежения при огъване. Въвеждането на опънни сили в ставно-свързаните прътови елементи има стабилизиращо действие за плочата като цяло и в този случай се очаква по-голяма стойност на критичния параметър на външното натоварване в сравнение със случаите на равномерно разпределен или триъгълников натисков товар.



Фиг. 3. Комбиниране на състоянията на натоварване от фиг. 1 и фиг. 2. Новото състояние е статически еквивалентно на натоварване с момент, лежащ в средната равнина

2.1. Получаване на геометричната матрица на коравина $[k_G^c]$ за числения модел от фиг. 1 при натисков товар

Основен момент при метода на крайните елементи е представянето на тангенциалната коравина на конструкцията $[k]$ като сума от геометрически линейната матрица на коравина $[k_L]$ и геометричната матрица на коравина при действие на натисков външен товар $[k_G^c]$, отчитаща ефектите от втори ред:

$$[k] = [k_L] + [k_G^c]. \quad (1)$$

Матрицата $[k_L]$ се получава по известните правила на строителната статика, приложени към модела на плочата по метода на крайните елементи, изграден с двумерни правоъгълни крайни елементи.

Системата линейни алгебрични уравнения, отчитаща ефектите от втори ред, за определяне на вертикалните премествания, е хомогенна и има следния матричен запис:

$$\left([k_L] + [k_G^c] \right) \{w\} = \{0\}. \quad (2)$$

Целесъобразно е предвид следващите развития да се въведе отношението ρ :

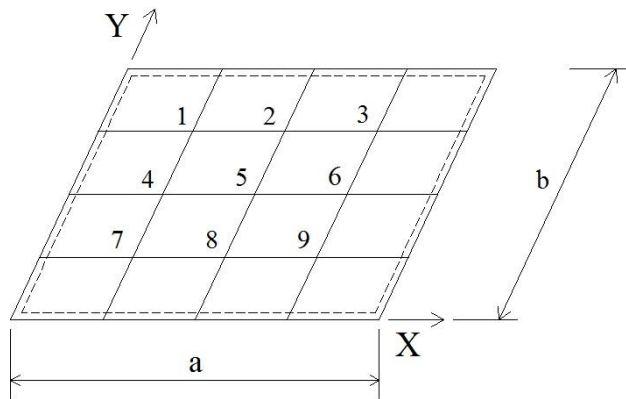
$$\rho = \frac{\Delta a}{\Delta b}. \quad (3)$$

С ρ е означено отношението между размерите на един краен елемент от мрежата за дискретизация. С Δa и Δb са означени размерите в двете хоризонтални направления X и Y съответно.

Матрицата $\left[k_G^c \right]$ може да се преобразува с цел по-компактно записване на матричната формула за нея като се извади общ скаларен множител $\frac{N_x}{\rho}$. Така се получава бездимензионната (числова) матрица $\left[\overline{k}_G^c \right]$. Тогава е уместно да се въведе следната формула:

$$\left[k_G^c \right] = \frac{N_x}{\rho} \left[\overline{k}_G^c \right]. \quad (4)$$

Получаването на геометричната матрица на коравина $\left[\overline{k}_G^c \right]$ е свързано с дискретизацията на плочата и номерирането на възлите, в които има вертикални премествания. На фиг. 4 е показана избраната номерация на възлите за мрежа (4×4).



Фиг. 4. Номерация на възлите с вертикални премествания при мрежа (4×4)

Геометричната матрица на коравина $\left[\overline{k}_G^c \right]$, получена за мрежа (4×4), има квази-диагонална (блокова) структура. Тя е с размери (9×9) и има следните елементи:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,5	-0,25	0	0	0	0	0	0	0
2	-0,25	0,5	-0,25	0	0	0	0	0	0
3	0	-0,25	0,5	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	-0,5	0	0	0	0
5	0	0	0	-0,5	1	-0,5	0	0	0
6	0	0	0	0	-0,5	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1,5	-0,75	0
8	0	0	0	0	0	0	-0,75	1,5	-0,75
9	0	0	0	0	0	0	0	-0,75	1,5

Фиг. 5. Безразмерна геометрична матрица на коравина $\left[\overline{k}_G^c \right]$ на плочата при натисков товар, разпределен по линеен закон според фиг. 1

В решените примери е използвана и дискретизация с двойно по-гъста мрежа (8×8). При нея броят на възлите с вертикални премествания е 49. За такава мрежа геометричната матрица на коравина $\left[k_G^c \right]$ е с размери (49×49).

При използване на натисков товар, както в разглеждания случай, геометричната матрица на коравина, дадена с формула (4), участва със знак минус, тъй като „отслабва“ геометрически линейната матрица на коравина. По тази причина формула (4) участва в уравнение (2) със знак минус, както е записано в равенство (5).

След заместване на равенство (4) в уравнение (2) се получава:

$$\left(\left[k_L \right] - \frac{N_x}{\rho} \left[k_G^c \right] \right) \{w\} = \{0\}. \quad (5)$$

Необходимо и достатъчно условие за съществуване на ненулеви решения за $\{w\}$ от равенство (5) е детерминантата на матрицата пред $\{w\}$ да бъде равна на нула:

$$\det \left(\left[k_L \right] - \frac{N_x}{\rho} \left[k_G^c \right] \right) = 0. \quad (6)$$

Уравнение (6) е уравнението на устойчивостта, в което са отчетени специфичните особености на предлагания числен модел. Най-малката стойност на N_x , която удовлетворява (6), е критичната стойност на натоварването $N_{x,cr}$. По същество решаването на (6) е задача на линейната алгебра и се обвързва със задачата за собствени стойности и вектори на матрици. В конкретния случай формулировката на задачата има ясен физически смисъл и позволява да се направи инженерно тълкувание.

2.2. Получаване на геометричната матрица на коравина $\left[k_G^t \right]$ за числения модел от фиг. 2 при опънен товар

При опънен товар в средната равнина според фиг. 2 се прилага същата изчислителна технология за определяне на геометричната матрица на коравина. За изчисляването на опънните сили при неразтежима средна равнина не е необходимо да се формулира и решава задача за равнинно напрегнато състояние. Достатъчно е да се въведат прътови ставно свързани елементи по направление на оста X . Силите за всяка прътова поредица се определят на основата на геометричен принцип, при който е важно отстоянието между центровете им от катета на триъгълника по оста X . Геометричната матрица на коравина отчита ефектите от втори ред и при опънни сили оказва „закоравящо“ действие.

Тангенциалната матрица на коравина $\left[k \right]$ е сума от геометрически линейната матрица на коравина $\left[k_L \right]$ и геометричната матрица на коравина $\left[k_G^t \right]$ при опънни сили.

Поради „закоравящото“ си действие геометричната матрица на коравина запазва знака си плюс и може да се запише следният матричен израз:

$$\left[k \right] = \left[k_L \right] + \left[k_G^t \right]. \quad (7)$$

И тук, по подобие на точка 2.1, е целесъобразно да се достигне до запис на геометричната матрица на коравина при използване на безразмерна матрица на коравина $\left[k_G^t \right]$, съдържаща като елементи само числа:

$$\left[k_G^t \right] = \frac{N_x}{\rho} \left[\overline{k}_G^t \right]. \quad (8)$$

Означенията N_x и ρ са показани на фиг. 2 и с формула (3). Параметърът ρ е геометрична характеристика на крайния елемент, който отразява как се дискретизира конструкцията.

Матрицата $\left[\overline{k}_G^t \right]$ е с размери (9×9) и за дискретизираща мрежа (4×4) се състои от следните елементи:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,5	-0,75	0	0	0	0	0	0	0
2	-0,75	1,5	-0,75	0	0	0	0	0	0
3	0	-0,75	1,5	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	-0,5	0	0	0	0
5	0	0	0	-0,5	1	-0,5	0	0	0
6	0	0	0	0	-0,5	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0,5	-0,25	0
8	0	0	0	0	0	0	-0,25	0,5	-0,25
9	0	0	0	0	0	0	0	-0,25	0,5

Фиг. 6. Безразмерна геометрична матрица на коравина $\left[\overline{k}_G^t \right]$ на плочата при опънен товар, разпределен по линеен закон според фиг. 2

Състоянието, дефинирано в точка 2.2, само по себе си не се използва за търсене на собствени стойности на матрици. То обаче може да послужи, когато една част от плочата е натоварена с разпределени натискови сили, а друга част – с разпределени опънни сили. Такъв случай е показаният на фиг. 3, където двете състояния – натисково (подточка 2.1) и опънно (подточка 2.2) са съчетани с коефициенти единица.

2.3. Случай на равнинен линейно разпределен товар, възникващ при огъване в средната равнина

Решението на модела от фиг. 3 може да се получи с комбинация от решенията за геометричната матрица на коравина за двата модела от фиг. 1 и фиг. 2, при които външният товар е триъгълников натисков с нулева стойност за $Y = b$ и триъгълников опънен с нулева стойност за $Y = 0$ съответно.

При действие на момент в средната равнина, както е показано на фиг. 3, геометрически линейната матрица на коравина $\left[k_L \right]$ не се влияе от равнинния товар и е съща-

та, както е дефинирана в случаите 2.1 и 2.2. Променя се геометричната матрица на коравина, която е зависима от товара в средната равнина.

В този случай геометричната матрица на коравина се представя като сума от геометричните матрици на коравина за двата товара (фиг. 1 и фиг. 2), т.е. $\left[k_G^c \right] + \left[k_G^t \right]$.

Така тангенциалната матрица на коравина $\left[k \right]$ се записва във вида

$$\left[k \right] = \left[k_L \right] + \left[k_G^c \right] + \left[k_G^t \right]. \quad (9)$$

Така геометричната матрица на коравина за случая, показан на фиг. 3 (случай 2.3) при използване на случаите 2.1 и 2.2, както и фиг. 1 и фиг. 2, съответно придобива вида:

$$\left[k_G^c \right] + \left[k_G^t \right] = -\frac{N_x}{\rho} \left[\overline{k_G^c} \right] + \frac{N_x}{\rho} \left[\overline{k_G^t} \right]. \quad (10)$$

Формулировката на задачата за собствени стойности и вектори на проблема от фиг. 3 се записва по следния начин:

$$\left(\left[k_L \right] - \frac{N_x}{\rho} \left[\overline{k_G^c} \right] + \frac{N_x}{\rho} \left[\overline{k_G^t} \right] \right) \{ w \} = \{ 0 \}. \quad (11)$$

Необходимото и достатъчно условие за съществуване на ненулево решение за вектора $\{ w \}$ е

$$\det \left(\left[k_L \right] - \frac{N_x}{\rho} \left[\overline{k_G^c} \right] + \frac{N_x}{\rho} \left[\overline{k_G^t} \right] \right) = 0. \quad (12)$$

Най-малкият корен $N_{x,cr}$ се определя с програма за собствени стойности на матрици. В статията е използвана функцията Goal Seek от програмата EXCEL. С нея при известни $\left[k_L \right]$, а също и $\left[\overline{k_G^c} \right]$ за случай 2.1 и $\left[\overline{k_G^t} \right]$ за случай 2.2 се изчислява $N_{x,cr}$ за тези два случая, тъй като двете матрици не са сингулярни. За случай 2.3 (фиг. 3) безразмерната геометрична матрица на коравина е $\left[\overline{k_G^c} \right] - \left[\overline{k_G^t} \right]$. Тя е сингулярна след изваждането на матриците и това води до проблеми при търсене на $N_{x,cr}$. Използва се формула (12) като формулировка на задачата за собствени стойности на матрици, защото се избягва използването на сингулярни матрици. Препоръчва се използването на формула (12) без да се изваждат матриците с общ скаларен множител пред тях. Така се избягва проблемът сингулярна матрица.

3. Анализ на резултатите от числените примери и верифициране на предложения метод

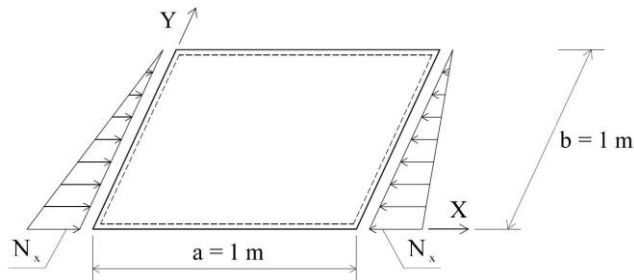
Анализиран са получените резултати за критичната стойност на натоварването $N_{x,cr}$ при два примера, при които материалът, геометричните размери и опорните условия са еднакви. Различен е приложеният външен товар. Плочата е от стомана с модул на

еластичност $E = 2,1 \cdot 10^8 \text{ kN/m}^2$ и коефициент на Поасон $\nu = 0,3$. В план плочата е квадратна с размери $a = b = 1 \text{ m}$ и е с дебелина $t = 8 \text{ mm}$.

3.1. Пример 1

Пример 1 представлява квадратна плоча, която е ставно подпряна по четирите страни, подложена на линеен триъгълников натисков товар със стойност 0 при $Y = b$ и N_x при $Y = 0$. Товарът действа по направление на ос X .

На фиг. 7 е изобразена статическата схема (геометрични размери и начин на подпирание по четирите страни) и натоварването за пример 1.



Фиг. 7. Статическа схема и натоварване на плочата с триъгълен натисков товар в средната ѝ равнина

Изчислителният модел за числените решения е с две дискретизиращи мрежи (4×4) и (8×8). Той се състои от две подконструкции – безкрайно корава в равнината си диафрагма, пренасяща нормалното натоварване, и плоча, осигуряваща съпротивата срещу вертикални премествания чрез огъването си. За предлагания в статията метод е ползвана сигнатурата MEM-BEN. За мрежа от крайни елементи (4×4) моделът е показан на фиг. 1. В този пример нормалните сили като външен товар причиняват натиск в средната равнина на плочата.

При натоварване на плочата с триъгълников натисков товар съгласно фиг. 6 се използва показаният на фиг. 4 резултат за геометричната матрица на коравина $\left[\overline{k_G^c} \right]$.

В таблица 1 са дадени резултати за $N_{x,cr}$, получени при използване на три начина: аналитичен резултат [1], предложения метод MEM-BEN и SAP 2000. Резултатите от последните два начина (числени решения) са приблизителни и зависят от гъстотата на мрежата за дискретизация на плочата.

Таблица 1. Резултати за $N_{x,cr}$ от пример 1

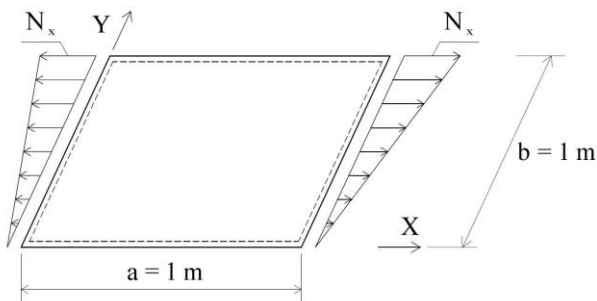
Аналитично решение	MEM-BEN мрежа 4×4	δ [%]	MEM-BEN мрежа 8×8	δ [%]
757,99	726,69	4,13	750,86	0,94

SAP 2000 мрежа 4×4	δ [%]	SAP 2000 мрежа 8×8	δ [%]
810,03	-6,87	771,75	-1,82

От таблица 1 се вижда, че моделът MEM-BEN и за двете мрежи (4×4) и (8×8) дава резултати за критичната стойност на товара, които са по-точни от съответните резултати, получени със SAP 2000. Това е видно и от процентната разлика δ , която е измерител на относителното отклонение на численото решение спрямо аналитичния резултат. От таблица 1 се вижда, че резултатите, получени с MEM-BEN, са по-малки от аналитичните и са в полза на сигурността. Резултатите, получени със SAP 2000, са по-големи от аналитичните и не са в полза на сигурността.

3.2. Пример 2

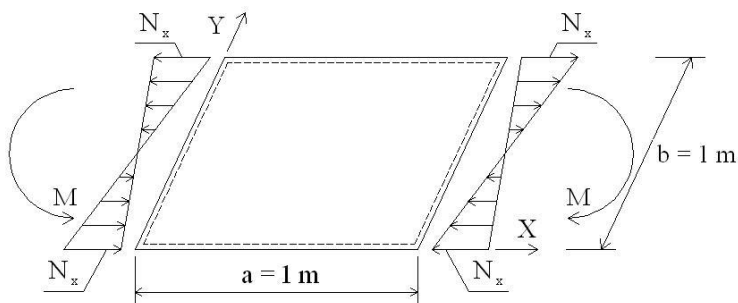
При натоварване на плочата с триъгълников опънен товар, съгласно фиг. 8, се използва показаният на фиг. 6 резултат за геометричната матрица на коравина $\left[k_G^t \right]$.



Фиг. 8. Статическа схема и натоварване на плочата с триъгълен опънен товар в средната ѝ равнина

За моделиране на състоянието от фиг. 9 е необходима и матрицата $\left[k_G^c \right]$, която е свързана с натисков товар и е същата, както в пример 1.

Съчетаването на двете натоварвания (натисково и опънно) е статически еквивалентно на действието на огъващ момент в средната равнина на плочата (фиг. 9).



Фиг. 9. Статическа схема и натоварване на плочата с двузачен товар (натиск и опън) в средната ѝ равнина

Използването и на двете геометрични матрици на коравина за определяне на $N_{x,cr}$ е отразено в уравнение (12). Матриците $\left[k_G^c \right]$ и $\left[k_G^t \right]$ са несингулярни, но разли-

ката от тях $\begin{bmatrix} \overline{k_G^c} \\ \overline{k_G^t} \end{bmatrix}$ е сингулярна матрица. Затова формулировката, дадена с уравнение (12), е за предпочитане. Матриците $\begin{bmatrix} k_L \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} \overline{k_G^c} \end{bmatrix}$ и $\begin{bmatrix} \overline{k_G^t} \end{bmatrix}$ са несингулярни, положително определени и симетрични и дават достатъчно основание да се очакват ненулеви, положителни и реални корени за $N_{x,cr}$.

В таблица 2 се дадени резултати за $N_{x,cr}$, получени чрез предложения метод MEM-BEN при двете различни мрежи (4×4) и (8×8). Тези резултати са сравнени с аналитичен резултат за $N_{x,cr}$, а процентната разлика δ също е дадена в таблицата.

Таблица 2. Резултати за $N_{x,cr}$ от пример 2

Аналитично решение	MEM-BEN мрежа 4×4	δ [%]	MEM-BEN мрежа 8×8	δ [%]
2487,75	2324,24	6,57	2429,10	2,36

Вижда се, че точността на резултатите от пример 2 е по-малка в сравнение с резултатите от пример 1. От друга страна резултатите от метода MEM-BEN (и при двете мрежи за дискретизация на плочата) са по-малки от аналитичния резултат и това е в полза на сигурността.

В примерите към предложения метод матрицата $\begin{bmatrix} k_L \end{bmatrix}$ е изчислена за свободно подпиране и на четирите краища. Те може да се реализират и със запъване. В този случай начинът на подпиране оказва влияние върху елементите на $\begin{bmatrix} k_L \end{bmatrix}$. Елементите на геометричните матрици на коравина $\begin{bmatrix} \overline{k_G^c} \end{bmatrix}$ и $\begin{bmatrix} \overline{k_G^t} \end{bmatrix}$ остават същите, защото моделират процеса на предаване само на нормалните сили.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вольмир, А.* Устойчивость упругих систем. Государственное издательство физико-математической литературы, Москва, 1963.
2. *Доспевски, Ст., З. Бонев.* Изследване на устойчивостта на плочи при използване на модел, разделящ мембранното и огъвното действие – част 1. // Годишник на УАСГ (под печат).
3. *Доспевски, Ст., З. Бонев.* Изследване на устойчивостта на плочи при използване на модел, разделящ мембранното и огъвното действие – част 2. // Годишник на УАСГ (под печат).
4. SAP2000, Version 14.0.0, Computers and structures Inc., 2009.

A STUDY OF RECTANGULAR PLATE BUCKLING INDUCED BY IN-PLANE NORMAL LOAD WITH LINEAR DISTRIBUTION

St. Dospevski¹, Z. Bonev²

Keywords: stability of plates, critical load, geometric stiffness matrix

ABSTRACT

The problem of plate buckling plays an important role in design of steel beams webs and flanges being often exposed to pressure and tensile forces with linear distribution. The problem is closely with bending of beams.

A new method for determination of the critical value of the external load is proposed. The bending resistance of the plate is simulated using finite element method applied to rectangular plate. The second substructure is consisting of stiff bar elements used for transfer of normal loads.

The method proposed is analyzed and tested numerically by means of finite element method and exact analytical solutions. The results show that accuracy of the method seems to be very good and results are on the side of safety.

¹ Stanislav Dospevski, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Structural Mechanics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: stdospevsky@abv.bg

² Zdravko Bonev, Prof. Dr. Eng., Dept. "Structural Mechanics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: zbp_uacg@abv.bg