

STATECZNOŚĆ POZORNIE NIESZTYWNEJ POWŁOKI RAMOWO-KRATOWEJ  
ŚCISKANEJ SIŁĄ OSIOWĄ

WITOLD GUTKOWSKI (WARSZAWA)

1. Wstęp

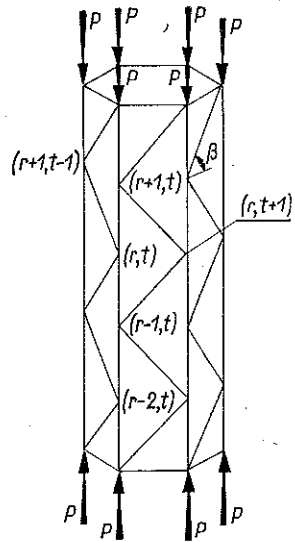
W praktyce spotyka się często elementy konstrukcyjne w postaci pryzmatycznego, regularnego układu kratowego o siatce prętów podanej na rys. 1. Podobnie jak i w klasycznej teorii kratownic (gdzie w węzłach są tylko przeguby kuliste) przyjęto tu określenie «pozornie niesztynna», aczkolwiek niżej rozpatrywana powłoka ma węzły w niektórych kierunkach sztywne.

Dotychczas układy takie rozwiązywane były dwojako. W przypadku gdy wymiary poprzeczne były małe w stosunku do długości, to traktowano konstrukcję jako belkę o określonej podatności na ścinanie, [6]. Natomiast gdy wymiary poprzeczne były tego rzędu co długość, to konstrukcje rozpatrywano jako przestrzenny układ prętów, którego rozwiązanie sprowadza się do wielu równań z wieloma niewiadomymi, [4]. Jedynie R. MISES i I. RATZERSDORFER podali rozwiązanie płaskiego słupa kratowego za pomocą rachunku różnic, co umożliwiło rozpatrzenie odległości między węzłami jako skończonych.

Niniejsze rozwiązanie oparte jest na teorii powłok ramowo-kratowych podanej w [2] i [3]. Teoria ta podobnie jak R. Misesa, oparta jest na rachunku różnic, co odpowiada rzeczywistemu charakterowi konstrukcji i umożliwia najogólniejszą analizę, której w dotychczas stosowanych metodach nie można było przeprowadzić.

2. Założenia i oznaczenia

Wszystkie podstawowe założenia i oznaczenia dotyczące powłoki ramowo-kratowej zestawiono w pracach [2] i [3]. W obecnie rozwiązywanym zagadnieniu dokładniej sprecyzowaliśmy założenia odnoszące się do wykrzyżowań. Konieczność ta wynikała stąd, iż w odróżnieniu od powłoki wykrzyżowanej obiegami omawiana poniżej kratownica nie ma poprzecznych wręg, a ich rolę przyjęły częściowo pręty skośne. Przyjęto więc, że wykrzyżowania zamocowane są przegubowo jedynie



Rys. 1



siłą osiową, to w równaniach uwzględniono jedynie te z iloczynów sił wewnętrznych przez przemieszczenia i ich przyrosty, które zawierają w sobie siły  $N_r$ . Równania równowagi uzyskane przez dodanie lub odjęcie stronami odpowiednich równań równowagi dla segmentów  $(r, t)$  i  $(r-1, t)$  mają postać

$$\begin{aligned}
 & \Delta_{2r} N_{r-1} + D_3 N_{r,t} \sin \beta = 0, \\
 & \Delta_{2r} \left( N_{r-1} \frac{\Delta_r v_{r-1,t}}{h} \right) - D_1 Q_{r,t} \sin \frac{\alpha}{2} - D_4 N_{r,t} + \Delta_{2r} Q_{r-1,y} = 0, \\
 & D_2 N_{r,t} \cos \beta \sin \frac{\alpha}{2} + \Delta_{2r} Q_{r-1,z} + \Delta_{2r} \left( N_{r-1} \frac{\Delta_r w_{r-1,t}}{h} \right) - D_3 Q_{r,t} \cos \frac{\alpha}{2} = 0, \\
 (3.1) \quad & \Delta_{2r} M_{r-1,x} - D_4 M_{r,t} \cos \beta + D_1 Q_{r,t} \frac{h}{2} \operatorname{tg} \beta = 0, \\
 & \Delta_{2r} M_{r-1,y} - D_3 M_{r,t} \sin \beta \cos \frac{\alpha}{2} - (\Delta_{rr}^2 Q_{r-1,z} + 4Q_{r-1,z}) \frac{h}{2} + \\
 & \quad + D_2 Q_{r,t} \frac{h}{2} \cos \frac{\alpha}{2} = 0, \\
 & \Delta_{2r} M_{r-1,z} + D_1 M_{r,t} \sin \beta \sin \frac{\alpha}{2} + (\Delta_{rr}^2 Q_{r-1,y} + 4Q_{r-1,y}) \frac{h}{2} - \\
 & \quad - D_4 Q_{r,t} \frac{h}{2} \sin \frac{\alpha}{2} = 0,
 \end{aligned}$$

gdzie  $D_1, D_2, D_3$  i  $D_4$  oznaczają następujące operacje:

$$\begin{aligned}
 (3.2) \quad & D_1 Q_{r,t} = Q_{r,t-1} - Q_{r-1,t-1} - Q_{r-1,t} + Q_{r-2,t}, \\
 & D_2 Q_{r,t} = Q_{r,t-1} + Q_{r-1,t-1} + Q_{r-1,t} + Q_{r-2,t}, \\
 & D_3 Q_{r,t} = Q_{r,t-1} - Q_{r-1,t-1} + Q_{r-1,t} - Q_{r-2,t}, \\
 & D_4 Q_{r,t} = Q_{r,t-1} + Q_{r-1,t-1} - Q_{r-1,t} - Q_{r-2,t}.
 \end{aligned}$$

#### 4. Siły wewnętrzne a przemieszczenia

Związki pomiędzy siłami wewnętrznymi a przemieszczeniami poszczególnych węzłów oparto w zasadzie na definicjach i założeniach podanych w [2] i [3]. Niemniej jednak wystąpią tu nowe zależności określające ciągłość odkształceń między wzdłużnymi pasami a wykrzyżowaniami.

Podobnie jak w poprzednim punkcie zestawiono od razu układy równań ciągłości dla dwóch sąsiednich nie powtarzających się węzłów.

**4.1. Siły osiowe a przemieszczenia.** Korzystając z zależności podanych w [3], można w wyniku dodania równań stronami dla  $N_r$  i  $N_{r-2}$  otrzymać zależność

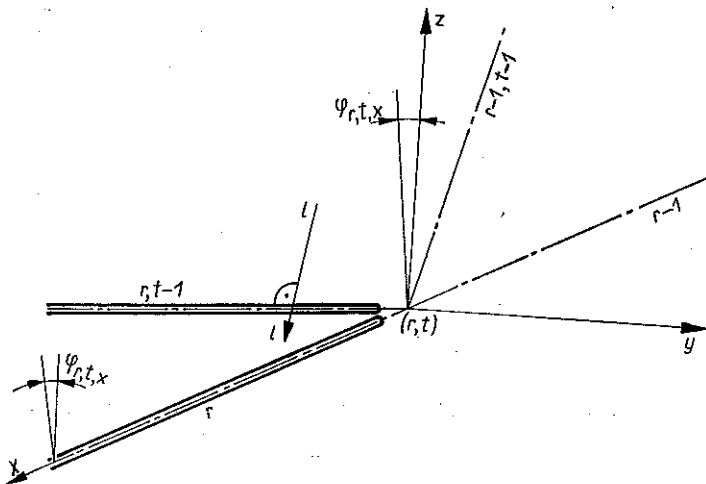
$$(4.1) \quad N_r - N_{r-2} = \frac{EF_p}{h} (\Delta_{rr}^2 u_{r,t} + \Delta_{rr}^2 u_{r-1,t}).$$

Dla siły  $N_{r,t}$  mamy przykładowo w przypadku operacji  $D_3$ :

$$D_3 N_{r,t} = \frac{EFw}{h} \sin \beta \left[ (\Delta_{r,t}^2 u_{r,t} + \Delta_{r,t}^2 u_{r-1,t} - \Delta_{2t} u_{r+1,t} + \Delta_{2t} u_{r-2,t}) \sin \beta + \right. \\ \left. + (\Delta_{r,t}^2 v_{r,t} + \Delta_{r,t}^2 v_{r-1,t} - \Delta_{2t} v_{r+1,t} + \Delta_{2t} v_{r-2,t}) \cos \beta \cos \frac{\alpha}{2} - \right. \\ \left. - (\Delta_{2r} w_{r,t-1} + \Delta_{2r} w_{r-1,t+1}) \cos \beta \sin \frac{\alpha}{2} \right].$$

4.2. Momenty giące i skręcające a przemieszczenia. Poniżej zestawimy równania ciągłości odkształceń przy zginaniu i skręcaniu w dwóch sąsiednich węzłach ( $r, t$ ) i ( $r-1, t$ ).

W każdym z węzłów schodzą się cztery pręty: dwa wzdłużne i dwa wykrzywiona. Kolejno zestawiono równania zapewniające ciągłość między dwoma prętami wzdłużnymi, a następnie między każdym z wykrzywiona i jednym z prętów wzdłużnych. Biorąc więc pod uwagę założenia co do sztywności poszczególnych elementów powłoki otrzymamy cztery równania ciągłości.



Rys. 3

Rozpatrzmy w pierwszej kolejności ciągłość prętów wzdłużnych względem osi  $x$ . Skrajne ich przekroje schodzące się np. w węzle ( $r, t$ ) obrócą się w wyniku dwóch przyczyn. Po pierwsze na obrót wpływają przemieszczenia węzłów  $v$  i  $w$ , po drugie działanie momentu  $M_{r,x}$  i  $M_{r-1,x}$  w tychże przekrojach. Przyjęto (podobnie jak w [2] i [3]), że kąt obrotu  $\varphi_{r,t,x}$  (rys. 3) pręta  $r$ -tego jest średnią arytmetyczną obrotów dwóch sąsiednich prętów wykrzywiona ( $r, t-1$ ) i ( $r, t$ ) i wynosi

$$(4.2) \quad \varphi_{r,t,x} = \frac{w_{r,t} - w_{r+1,t-1} + w_{r,t+1} - w_{r+1,t}}{2l} \cos \frac{\alpha}{2} + \\ + \frac{v_{r,t} + v_{r+1,t-1} + v_{r+1,t} + v_{r,t+1}}{2l} \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Natomiast kąty obrotu skrajnych przekroji w węźle  $(r, t)$ , związane z działaniem momentu  $M_{r,x}$  i  $M_{r-1}$ , wyniosą odpowiednio

$$\psi_{r,t,x} = -\frac{M_{r,x}h}{2GJ_0}, \quad \psi_{r-1,t,x} = \frac{M_{r-1,x}h}{2GJ_0}.$$

Biorąc pod uwagę, że równanie powinno mieć postać

$$\varphi_{r,t,x} + \psi_{r,t,x} = \varphi_{r-1,t,x} + \psi_{r-1,t,x},$$

otrzymamy następujące równanie ciągłości dla węzłów  $(r, t)$  i  $(r-1, t)$ :

$$(4.3) \quad \Delta_{2r}[(v_{r,t} + v_{r,t-1} - v_{r-1,t} - v_{r-1,t+1}) \sin \frac{\alpha}{2} - (w_{r-1,t} + w_{r,t} + w_{r-1,t+1} + w_{r,t-1}) \cos \frac{\alpha}{2}] = \frac{hl}{GJ_0} \Delta_{2r} M_{r-1,x}.$$

Równania ciągłości wzdłużnych prętów względem osi  $y$  i  $z$  niczym się nie różnią od równań cytowanych w artykule [2] zapożyczonych od F. BLEICHA, [1], i po odpowiednich przekształceniach mają postać

$$(4.4) \quad (\Delta_{rr}^2 M_{r-1,y} + 4M_{r-1,y})(s_y + c_y) - \Delta_{2r} Q_{r-1,2} \frac{h}{2} (c_y - s_y) + \frac{EJ_{yy}}{h} (\Delta_{rr}^2 w_{r,t} + \Delta_{rr}^2 w_{r-1,t}) = 0,$$

oraz

$$(4.5) \quad (\Delta_{rr}^2 M_{r-1,z} + 4M_{r-1,z})(s_z + c_z) + \Delta_{2r} Q_{r-1,y} \frac{h}{2} (c_z - s_z) - \frac{EJ_{pz}}{h^2} (\Delta_{rr}^2 v_{r,t} + \Delta_{rr}^2 v_{r-1,t}) = 0.$$

W równaniach tych pominięliśmy  $r$  przy  $c_y, c_z, s_y$  i  $s_z$ , ponieważ rozpatrujemy powłokę ściskaną siłą osiową. Przyjęliśmy też założenia podobne do założeń podanych w [3], że we wszystkich prętach wzdłużnych siła  $N_r = -P$ .

Pozostały jeszcze do spełnienia warunki ciągłości między wykrzyżowaniami a prętami wzdłużnymi. Poniżej zestawiono przykładowo równanie ciągłości między wykrzyżowaniem  $(r, t-1)$ , a pasem  $(r, t)$  (rys. 3). Ponieważ pręt wykrzyżowania ma sztywność giętną tylko w jednym kierunku, a sztywność skrętną równą zeru, porównano sumy rzutów kątów obrotu poszczególnych prętów względem osi  $l-l$ . Oś ta jest prostopadła do wykrzyżowania i leży w płaszczyźnie ściany powłoki (rys. 3).

Rozpatrzmy w pierwszym rzędzie kąt obrotu względem wyżej wymienionej osi przekroju wykrzyżowania przy węźle  $(r, t)$ :

$$(4.6) \quad \varphi_{r,t-1,l} = \left[ (w_{r,t} - w_{r+1,t-1}) \cos \frac{\alpha}{2} + (v_{r,t} + v_{r+1,t-1}) \sin \frac{\alpha}{2} \right] \frac{\sin \beta}{h} + \left[ \left( M_{r,t-1} - Q_{r,t-1} \frac{h}{2 \sin \beta} \right) c_{r,t-1} + \left( M_{r,t-1} + Q_{r,t-1} \frac{h}{2 \sin \beta} \right) s_{r,t-1} \right] \frac{h}{EJ_t \sin \beta}.$$

Pierwszy wyraz we wzorze (4.6) reprezentuje obrót pręta względem żądanej osi, związany z przemieszczeniami  $v$  i  $w$ . Drugi wyraz odpowiada obrotowi względem tejże osi przekroju pręta spowodowany wewnętrznymi siłami  $M_{r,t}$  i  $Q_{r,t}$ .

Wobec tego, że przy osiowym ściskaniu i przy stosunkach sztywności  $EJ_t$  i  $EJ_{yz}$  ( $EJ_{xy}$ ) stosowanymi w praktyce nie zachodzi obawa, by w omawianym przypadku pręty wykrzyżowań uległy wyboczeniu, można wielkości  $c_{r,t}$  i  $s_{r,t}$  zastąpić odpowiednio:  $c_{r,t} = 1/3$ ,  $s_{r,t} = 1/6$ . Z kolei rzutujemy kąty obrotów przekroju wzdłużnego pręta  $r$  na wspomnianą oś  $l-l$ . Ogólnie suma ta wyniesie

$$\varphi_{r,l-l} + \psi_{r,l-l} = (\varphi_{r,x} + \psi_{r,x}) \cos \beta + (\varphi_{r,y} + \psi_{r,y}) \cos \frac{\alpha}{2} \sin \beta - \\ - (\varphi_{r,z} + \psi_{r,z}) \sin \frac{\alpha}{2} \sin \beta.$$

Podstawiając do tego równania znane już wartości na  $\varphi_{r,x}$ ,  $\psi_{r,y}$  itd. jako funkcje  $v$ ,  $w$ ,  $M_{r,x}$ ,  $M_{r,y}$  itd. otrzymamy równania ciągłości dla czterech prętów wykrzyżowań: dwóch w węzle  $(r, t)$  i dwóch w węzle  $(r-1, t)$ . Będą to równania

$$(4.7) \quad \left\{ \Delta_{2r} \left[ (w_{r,t-1} - w_{r-1,t+1}) \cos \frac{\alpha}{2} - (v_{r,t-1} + v_{r-1,t+1}) \sin \frac{\alpha}{2} \right] - \right. \\ \left. - 4\Delta_r v_{r-1,t} \sin \frac{\alpha}{2} \right\} \frac{\sin \beta}{h} + 4 \sin \beta \frac{h}{E} \left( M_{r-1,y} \frac{s_y + c_y}{J_{yy}} \cos \frac{\alpha}{2} + \right. \\ \left. + \frac{Q_{r-1,y} h}{2} \frac{c_z - s_z}{J_{yz}} \sin \frac{\alpha}{2} \right) - \frac{h}{2EJ_t \sin \beta} \left( D_1 M_{r,t} - \frac{h}{6 \sin \beta} D_4 Q_{r,t} \right) = 0.$$

Uzyskanie trzech równań na przemieszczenia  $u$ ,  $v$ ,  $w$  (w wyniku wyeliminowania sił wewnętrznych w równaniach równowagi) jest praktycznie niemożliwe i niepotrzebne. Jedynie siłę  $N_r$  można bez większych trudności wyeliminować i zastąpić przez odpowiednią funkcję  $u$ .

### 5. Stateczność powłoki o przekroju kwadratowym

W praktyce najczęściej stosowane są powłoki o przekroju kwadratowym. Dlatego też poniżej rozpatrzono stateczność takiej powłoki. W celu uzyskania odpowiednich równań należy w ogólnych wyrażeniach przyjąć  $\alpha = \pi/2$ . Poniżej zestawiono wszystkie równania zastępując wielkość  $N_r$  przez funkcję (3):

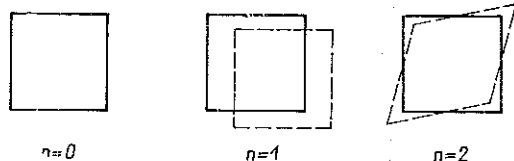
$$\frac{EF_p'}{h} (\Delta_{rr}^2 u_{r,t} + \Delta_{rr}^2 u_{r-1,t}) + D_3 N_{r,t} \sin \beta = 0, \\ \Delta_{2r} Q_{r-1,y} - D_4 N_{r,t} - D_1 Q_{rt} \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{P}{h} (\Delta_{rr}^2 v_{r,t} + \Delta_{rr}^2 v_{r-1,t}) = 0, \\ (5.1) \quad \Delta_{2r} Q_{r-1,z} + \frac{\sqrt{2}}{2} (D_2 N_{r,t} \cos \beta - D_3 Q_{r,t}) - \frac{P}{h} (\Delta_{rr}^2 w_{r,t} + \Delta_{rr}^2 w_{r-1,t}) = 0, \\ \Delta_{2r} M_{r-1,x} - D_4 M_{r,t} \cos \beta + D_1 Q_{r,t} \frac{h}{2} \operatorname{tg} \beta = 0,$$

$$\begin{aligned}
 & \Delta_{2r} M_{r-1,y} - (\Delta_{rr}^2 Q_{r-1,z} + 4Q_{r-1,z}) \frac{h}{2} + \\
 & \quad + \frac{\sqrt{2}}{2} \left( D_2 Q_{r,t} \frac{h}{2} - D_3 M_{r,t} \sin \beta \right) = 0, \\
 & \Delta_{2r} M_{r-1,z} + (\Delta_{rr}^2 Q_{r-1,y} + 4Q_{r-1,y}) \frac{h}{2} + \\
 & \quad + \frac{\sqrt{2}}{2} \left( D_1 M_{r,t} \sin \beta - D_4 Q_{r,t} \frac{h}{2} \right) = 0, \\
 & \Delta_{2r} (w_{r,t} + w_{r,t-1} + w_{r-1,t} + w_{r-1,t+1} - v_{r,t} + v_{r-1,t} + \\
 & \quad + v_{r-1,t+1} - v_{r,t-1}) \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{hl}{GJ_0} \Delta_{2r} M_{r-1,x} = 0, \\
 & (\Delta_{rr}^2 M_{r-1,y} + 4M_{r-1,y}) (s_y + c_y) - \Delta_{2r} Q_{r-1,z} \frac{h}{2} (c_y - s_y) + \\
 & \quad + \frac{EJ_{py}}{h^2} (\Delta_{rr}^2 w_{r,t} + \Delta_{rr}^2 w_{r-1,t}) = 0, \\
 & (\Delta_{rr}^2 M_{r-1,z} + 4M_{r-1,z}) (s_z + c_z) + \Delta_{2r} Q_{r-1,y} \frac{h}{2} (c_z - s_z) - \\
 & \quad - \frac{EJ_{pz}}{h^2} (\Delta_{rr}^2 v_{r,t} + \Delta_{rr}^2 v_{r-1,t}) = 0, \\
 & [\Delta_{2r} (w_{r,t-1} - w_{r-1,t+1} - v_{r,t-1} - v_{r-1,t+1}) - 4\Delta_r v_{r-1,t}] \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\sin \beta}{h} + \\
 & \quad + 2\sqrt{2} \sin \beta \frac{h}{E} \left( M_{r-1,y} \frac{s_y + c_y}{J_{py}} + Q_{r-1,y} \frac{h}{2} \frac{c_z - s_z}{J_{pz}} \right) - \\
 & \quad - \frac{h}{2EJ_t \sin \beta} \left( D_1 M_{r,t} - \frac{h}{6 \sin \beta} D_4 Q_{r,t} \right) = 0, \\
 & D_3 N_{r,t} = \frac{EF_w}{h} \sin \beta \left[ (\Delta_{r,t}^2 u_{r,t} + \Delta_{r,t}^2 u_{r-1,t} - \Delta_{2t} u_{r+1,t} + \Delta_{2t} u_{r-2,t}) \sin \beta + \right. \\
 & \quad + (\Delta_{r,t}^2 v_{r,t} + \Delta_{r,t}^2 v_{r-1,t} - \Delta_{2t} v_{r+1,t} + \Delta_{2t} v_{r-2,t} - \Delta_{2r} w_{r,t-1} - \\
 & \quad \left. - \Delta_{2r} w_{r-1,t+1}) \frac{\sqrt{2}}{2} \cos \beta \right].
 \end{aligned}$$

W niektórych z tych równań podobnie jak w równaniach dla powłoki o wykrzyżowanej za pomocą obiegu występują parzyste i nieparzyste przyrosty tego samego przemieszczenia, ale w odniesieniu do jednej lub dwóch zmiennych niezależnych. Stąd wniosek, że linie węzłów powłoki po odkształceniu nie będą krzywymi płaskimi, lecz przestrzennymi. Dlatego też w celu spełnienia układu równań (5.1) podstawmy następujące funkcje:

$$\begin{aligned}
 u_{r,t} &= A_1 \cos \left( nt \frac{\pi}{2} - mr \frac{\pi}{n_0} \right), \\
 v_{r,t} &= A_2 \cos \left( nt \frac{\pi}{2} - mr \frac{\pi}{n_0} \right), \\
 w_{r,t} &= A_3 \sin \left( nt \frac{\pi}{2} - mr \frac{\pi}{n_0} \right), \\
 M_{r,y} &= A_4 \sin \left[ nt \frac{\pi}{2} - m \left( r + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n_0} \right], \\
 M_{r,z} &= A_5 \cos \left[ nt \frac{\pi}{2} - m \left( r + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n_0} \right], \\
 (5.2) \quad M_{r,x} &= A_6 \sin \left[ nt \frac{\pi}{2} - m \left( r + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n_0} \right], \\
 M_{r,t} &= A_7 \sin \left[ n \left( t + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{2} - m \left( r + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n_0} \right], \\
 Q_{r,y} &= A_8 \sin \left[ nt \frac{\pi}{2} - m \left( r + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n_0} \right], \\
 Q_{r,z} &= A_9 \cos \left[ nt \frac{\pi}{2} - m \left( r + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n_0} \right], \\
 Q_{r,t} &= A_{10} \cos \left[ n \left( t + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{2} - m \left( r + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n_0} \right], \\
 N_{r,t} &= A_{11} \sin \left[ n \left( t + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{2} - m \left( r + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{n_0} \right].
 \end{aligned}$$

W równaniach tych  $m$  oznacza liczbę fal wzdłuż powłoki,  $n_0$  liczbę segmentów i  $n$  «postać odkształcenia» w kierunku poprzecznym. W omawianym przypadku powłoki o przekroju kwadratowym  $n$  może przyjąć tylko trzy wartości  $n = 0$ ,  $n = 1$  i  $n = 2$ .



Rys. 4

Podane równania oraz funkcje spełniające je umożliwiają rozwiązanie całej klasy zagadnień odnoszących się do omawianej powłoki, jak np. zagadnienie tzw. «lokalnej stateczności», utraty stateczności słupa kwadratowego przy odkształceniu przekroju poprzecznego itp.



## Literatura cytowana w tekście

- [1] F. BLEICH, *Buckling strength of metal structures*, Mc Graw-Hill, New York 1952.  
[2] W. GUTKOWSKI, *Static and stability of prismatic frame-lattice shells*, Bull. Acad. Polon., Série Sci. Tech., 5, 9 (1961).  
[3] W. GUTKOWSKI, *Statyka i stateczność pryzmatycznych powłok ramowo-kratowych*, Rozpr. Inżyn., 3, 2 (1961).  
[4] Н. В. Корноуухов, *Прочность и устойчивость стержневых систем*, Стройиздат 1949.  
[5] R. MISES, I. RATZERSDORFER, *Zeitsch. Angew. Math. Mech.*, 5, 1924, p. 218.  
[6] S. TIMOSHENKO, *Theory of elastic stability*, McGraw-Hill, New York 1936.

## Резюме

УСТОЙЧИВОСТЬ МНИМО НЕЖЕСТКОЙ РАМНО-РЕШЕТЧАТОЙ ОБОЛОЧКИ  
СЖИМАЕМОЙ ОСЕВОЙ СИЛОЙ

Рассматривается регулярная стержневая система представленная на рис. 1. В данном случае применяется исключительно метод исчисления разностей для избежания слишком упрощающих предположений. В заключение приводятся разрешающие функции для чаще всего встречающейся оболочки квадратного сечения. Из этих функций вытекает, что форма потери устойчивости оболочки при сжатии — изгибно-крутильная.

## Summary

THE STABILITY OF AN APPARENTLY NON-RIGID FRAME-LATTICE SHELL  
COMPRESSED AXIALLY

The object of the present considerations is a regular bar system shown by Fig. 1. In order to avoid two rough simplifications the difference calculus is used throughout the paper. The resolving functions are given for the most frequent case of square shell.

From these functions it follows that the form of stability loss for axial compression is a flexural-torsional form.

*Praca została złożona w Redakcji dn. 19 czerwca 1962 r.*

---