

JAN KUBIK

PYTY O ORTOTROPII KONSTRUKCYJNEJ I MIESZANYCH
WARUNKACH BRZEGOWYCH

Streszczenie. Praca analizuje wyniki rozwiązań uzyskane w zakresie płyt o ortotropii konstrukcyjnej (ortotropii wynikającej m.in. z ukształtowania materiału płyty). Podano również przegląd podstawowych rezultatów uzyskanych dla płyt o mieszanych warunkach brzegowych.

W szczególności konfrontuje się sposób i zakres rozwiązań dla płyty uźebrowanej podany w pracy [43] z analogicznymi, wcześniejszymi rozwiązaniami M.T. HUBERA [16b] i K. TRENKS'A [41].

Praca nie wyczerpuje literatury zagadnienia. Podane w niej pozycje bibliograficzne reprezentują problematykę zagadnień anizotropii i nieciągłości w teorii płyt.

Zagadnieniom różnym, zależnym od kierunku, właściwości sprężystych płyty poświęcono wiele prac. Wyczerpujące omówienie uzyskanych wyników przedstawiono w monografiach M.T. HUBERA [16a] S.G. LECHNICKIEGO [21], S. TIMOSHENKI i S. WOYNOWSKI - KRIEGERA [40].

W ogólnym przypadku problem prowadzi do zagadnień płyt anizotropowych o jednej płaszczyźnie sprężystej symetrii równoległej do środkowej płaszczyzny płyty. Rozwiązanie w przemieszczeniach stanowi mieszane równanie różniczkowe czwartego rzędu. Zasadnicze wyniki teorii tych płyt, liniowych i nieliniowych geometrycznie, teorii płyt uwarstwionych oraz płyt z otworami zawiera monografia S.G. LECHNICKIEGO [21].

Przypadek płyty o trzech płaszczyznach symetrii ze względu na właściwości sprężyste materiału płyty prowadzi do zagadnień płyty ortotropowej.

Równania oraz podstawowe rozwiązania dla tych płyt podał M.T. HUBER w pracach [16a] i [16b].

Ten sam autor w pracy [16b] zaproponował rozwiązanie żelbetonowych płyt krzyżowo zbrojonych oraz płyt uźebrowanych w oparciu o teorię płyty anizotropowej. Sposób proponowany przez M.T. HUBERA polega na "Śprowadzeniu" płyty uźebrowanej do płyty o stałej grubości z odpowiednio zmodyfikowanymi charakterystykami sprężystymi materiału płyty. Zmiana tych charakterystyk w płycie o stałej grubości w porównaniu do ich rzeczywistych wartości w płycie uźebrowanej ma rekompensować nieregularny, trudny do analitycznego ujęcia rozkład wielkości wewnętrznych w tej ostatniej. Rozwiązanie jest przybliżone i stanowi tym większe zbliżenie do rzeczywistości im sztywności w dwóch prostopadłych kierunkach są bardziej do siebie zbliżone. Wyznaczeniem szerokości płyty współpracującej z żebrami zajmował się ten sam autor w pracy [16b], przeprowadzając obliczenia dla kilku schematów płyt uźebrowanych. Uzyskane przez niego wyniki nie wyjaśniły w pełni zagadnienia współpracy żebra z płytą i wynikający z niego rzeczywisty rozkład naprężeń. Powyższe spowodowane było przyjęciem założeń, upraszczających geometrię odkształcenia płyty oraz - dopuszczających w zasadzie tylko jej stan zgięciowy z którym superponowano tarczowy stan naprężenia. Wszystkie wielkości wewnętrzne odnoszono do płaskiej powierzchni środkowej co w przypadku płyty z jednostronnym uźebrowaniem prowadzi do wyników sprzecznych z rzeczywistością.

Próbie innego potraktowania zagadnienia podjął K. TREPKS w pracy [41]. Ułożone przez niego równania uwzględniły odkształcenia płaszczyzny środkowej płyty i przedstawiały warunki równowagi elementu "typowego" na jaki można podzielić płytę o powtarzalnych właściwoś-

ciach. Autor wyrażając oba przemieszczenia płaszczyzny środkowej przez przemieszczenie pionowe uzyskał równanie różniczkowe ósmego rzędu. Z podanych w pracy wyników można wyciągnąć wniosek, że istnieje duża zgodność z rozwiązaniem M.T. HUBERA dla przypadku płyty uźebrowanej w dwóch prostopadłych kierunkach, pod warunkiem zbliżonych sztywności w tychże kierunkach.

Zagadnienia płyt prostokątnych wzmocnionych na brzegach żebrami zostały omówione w pracy A. BORCZA [4]. Autor przyjmując odkształcenie płaszczyzny środkowej płyty opisuje stan napięcia dwoma równaniami, z których jedno jest równaniem płyty, a drugie równaniem tarcz. Potrzebne warunki brzegowe uzyskuje się z układów równań, wyrażających zależności między wielkościami statycznymi w żebrze i sąsiadującej z nim części płyty, przy wykorzystaniu warunków zgodności odkształcenia.

Rozpatrując pracę płyty w przedziale liniowych odkształceń otrzymuje się wynik superponując stany naprężenia wynikające z obu równań.

Z zakresu teorii płyty nieliniowej geometrycznie ściskanej w płaszczyźnie środkowej, T.V. KARMAN (por. np. [40]) podał rozwiązanie również w postaci układu dwóch równań. Obie prace alizują statycznie to samo zagadnienie, z tym że przyjęcie w pracy T.V. KARMANA, płyty nieliniowej geometrycznie prowadzi do wzajemnego powiązania uzyskanych równań.

W NOWACKI w pracach [27c], [27d], a także Z. MAZURKIEWICZ [23] [44], rozpatrują złożone przypadki pracy płyt wzmocnionych żebrami symetrycznie położonymi względem środkowej płaszczyzny płyty. W pracy [27d] uwzględniono sztywności żeber na skręcanie zakładając brak naprężeń tnących między płytą a żebrami przy wspólnym ich zginaniu.

Rozwiązanie przedstawiono podwójnym szeregiem trygonometrycznym którego współczynniki rozwinięcia uzyskano z równań wyrażających

jedność ugięć i kątów obrotu połączenia żebra z płytą. Rozwiązanie dla płyty wzmocnionej zamkniętymi żebrami cienkościennej niesymetrycznie położonymi względem płaszczyzny środkowej płyty podał WILDE [42]. Zagadnienie sprowadzono do płyty o zmienionych sztywnościach uwzględniających wpływ żeber, uzyskując rozwiązanie przy pomocy podwójnej skończonej transformacji Fouriera.

Równanie płyty kołowej o ortotropii cylindrycznej podali niezależnie od siebie S.G. LECHNICKI [21] i G.F. CARRIER [6]. Uzyskali oni mieszane równanie różniczkowe cząstkowe czwartego rzędu. Rozwiązanie równania dla obciążenia symetrycznego względem środka płyty zawierało osobliwość w początku układu; naprężenia występujące w tym punkcie osiągały wartość nieograniczoną.

Przypadek ten ma miejsce dla sztywności promieniowej większej od obwodowej S.G. LECHNICKI [21] str. 328.

Rozwiązanie dla siły niesymetrycznie położonej względem środka płyty podał A.M. SEN GUPTA [12], a dalsze rozwinięcie tego przydatnego z punktu widzenia praktyki inżynierskiej problemu - W. BARAŃSKI [3].

Podane rozwiązanie wykorzystano między innymi do obliczeń płyt o radialnym uźebrowaniu, często spotykanych w energetyce. Przy małej ilości i jednocześnie dużej sztywności żeber w tego rodzaju płycie, wyniki uzyskane wg sposobu przedstawionego wyżej znacznie odbiegały od rzeczywistości. Dla tych przypadków rozwiązanie spełniające warunki nierozdzielności odkształceń żebra i płyty, przedstawione w postaci równań całkowych Fredholma, podał J.B. SZULKIN w pracy [39].

Często spotykane płyty izotropowe, osłabione otworami położonymi w węzłach prostokątnej siatki były omawiane w pracach G. HARWAY'A [13], J.W. JAKOWLEVA [17] i J.W. DONNELLA [7]. W pracy DONNELLA [7] wyniki uzyskane dla otworów umieszczonych w węzłach trójkątnej siatki na drodze rozważań teoretycznych, były

konfrontowane z wynikami doświadczalnymi uzyskanymi z badań na modelach.

Zagadnienia koncentracji naprężeń koło otworów w zginanej płycie próbowali rozwiązać J.N. GOODIER; G.N. SAWIN [37], a ostatnio J. DVOŘÁK [8]. Podane przez J. DVOŘÁKA rozwiązanie opisuje jedną funkcją płaski i zgięciowy stan napięcia w bezpośrednim sąsiedztwie otworu, który w pracy przyjęto jako nieobciążony.

Podane poprzednio prace dotyczyły przypadków ortotropii konstrukcyjnej wynikłej z uźebrowania płyty izotropowej lub osłabienia takiej płyty otworami.

Osobną klasę zagadnień w teorii płyt stanowią płyty poprzecznie niejednorodne o zmiennych właściwościach sprężystych wzdłuż wysokości, a wśród nich jako przypadek szczególny płyty warstwowe omówione w monografii S.G. LECHNICKIEGO [21]. [45].

Ograniczoność stosowania hipotezy KIRCHHOFFA w płytach poprzecznie niejednorodnych omawia praca M. SOKOŁOWSKIEGO [38b], w której autor rozważa przypadki ciągłej i skokowej zmiany modułu sprężystości względem wysokości.

Ciekawy sposób obliczania płyt anizotropowych podał Z. KACZKOWSKI [19a], który transformując układ współrzędnych (obróć) w płycie anizotropowej znalazł takie jego położenie, że ugięcie odnośzone względem nowego układu współrzędnych, można było przedstawić w postaci sumy funkcji tylko jednej zmiennej.

Z innych prac dotyczących specjalnych sposobów w teorii płyt wymienimy pracę W. OLSZAKA i Z. MROZA [33].

Autorzy stosując metodę inwersji dla płyty kołowej z ekscentrycznym otworem, przetransformowali zagadnienie do problemu równoważnego w nowym układzie współrzędnych z otworem w środku płyty.

W ogólnej teorii płyt cienkich istnieją teorie dokładniej wnikające w stan naprężenia i odkształcenia.

Pierwszą teorię "ściskłą" podał E. REISSNER [36], uwzględniając odkształcenia wywołane naprężeniami statycznymi, normalnymi do płaszczyzny środkowej płyty, które w klasycznej teorii płyt cienkich były pomijane. Zbudowana przez niego teoria pozwala spełnić wszystkie trzy warunki na brzegu płyty. W ramach tej teorii rozwiązanie dla płyt ortotropowych podali K. GIRKMAN i R. BEER [10].

Inną teorię płyt cienkich podał H. HENCKY [15], odrzucając hipotezę KIRCHHOFFA, opisując stan odkształcenia trzema niezależnymi funkcjami.

Specjalną grupę zagadnień w teorii płyt, stanowią płyty o mieszanych warunkach brzegowych. Podanie całki równania tych płyt, spełniającej mieszane warunki brzegowe znacznie się komplikuje. W tym zakresie rozwiązanie dla płyty, w której część brzegu jest utwierdzona a pozostała wolna, podał W. NOWACKI [27b].

Podane przez niego rozwiązanie zawierało w sobie m.in. równanie ugięcia płyty o brzegu wolnym i było przedstawione w postaci równania całkowego Fredholma I rodzaju.

Do tych samych zagadnień np. A. KACNER [18] stosuje metodę iteracji, a dla mieszanych warunków brzegowych na zadanych liniach w nieskończonej płycie Z. OLESIAK [30] wykładniczą transformację Fouriera. W innej [9] pracy ostatni z autorów podaje rozwiązanie dla płyty kolistej równomiernie obciążonej, swobodnie podpartej wzdłuż linii wewnątrz koła. Brzeg płyty jest albo utwierdzony albo swobodnie podparty, rozpatrywany jest także przypadek mieszanych warunków na brzegach.

Do rozwiązania zagadnienia potrzebny jest wynik rozwiązania płyty o identycznym podparciu jak szukane, obciążoną siłą mimośrodową, skupioną.

Rozwiązanie zamknięte dla równomiernie obciążonego półpasma płytowego, o brzegach podłużnych swobodnie podpartych, brzegu po-

przecznym częściowo obciążonym momentami zginającymi przy równoczesnym braku sił stycznych, podał również A. KACNER [18].

W grupie tych prac najogólniej ujmuje problem pracy S. KALISKIEGO i W. NOWACKIEGO [20] podająca rozwiązanie w postaci układu równań całkowych Fredholma pierwszego lub drugiego rodzaju w zależności od warunków podparcia płyty.

Zbiór powierzchni wpływowych dla płyt prostokątnych i kołowych o rozmaitych warunkach brzegowych zawierają pracę A. PUCHERA [35] a opracowanie powierzchni wpływowych dla ortotropowego półpasma płytowego - praca J. MOSSAKOWSKIEGO i Z. CYWIŃSKIEJ [26].

Zagadnienia płyt pracujących poza przedziałem sprężystości omawiają m.in. prace W. OLSZAKA [31] cz. I i II, W. OLSZAKA i J. MURZEWSKIEGO [32], a także A. SAWCZUKA, D. NIEPOSTYNA i M. KWIECIŃSKIEGO [34].

Prace A. SAWCZUKA, D. NIEPOSTYNA por. [34] przedstawiają zagadnienia nośności granicznej płyt nieuzębrowanych a te same zagadnienia dla płyty uźebrowanej omawia praca M. KWIECIŃSKIEGO por. [34].

W pracy [31] W. OLSZAK podał sposób na obliczenie nośności granicznej płyty ortotropowej przez sprowadzenie do obliczeń nośności granicznej płyty izotropowej stosując transformację liniową.

Problemy wpływów termicznych na stan naprężeń i odkształceń w płytach ujęto m.in. w pracach: W. DERSKIEGO, E. MELANA, W. NOWACKIEGO, H. PARKUSA i Z. THRUNA por [29].

Zagadnienia wpływu naprężeń cieplnych wywołanych liniowozmianym po grubości ustalonym polem temperatur na stan naprężeń i przemieszczeń w płytach izotropowych i ortotropowych były analizowane m.in. przez W. NOWACKIEGO w pracy [27f]. To samo zagadnienie dla grubej płyty kołowej poddanej nieustalonymu polu temperatur było tematem pracy W. DERSKIEGO, a płyty kołowej o radialnym uźebrowaniu pracy BIRGERA.

W podanych poprzednio pracach, a zwłaszcza tych które dotyczyły przypadków ortotropii konstrukcyjnej, zastępowano za każdym razem płytę niejednorodną (uźebrowaną lub osłabioną otworami) płytą jednorodną o zmienionych sztywnościach. Jednocześnie wymagano by odkształcenia środkowej powierzchni w płycie jednorodnej o sprowadzonych sztywnościach były identyczne z tymi samymi odkształceniami w płycie niejednorodnej. Dla takich założeń T.M. HUBER [16a] i [16b] uzyskał rozwiązanie będące w zgodności z rzeczywistością, dla płyty o sztywnościach w dwóch prostopadłych kierunkach równych względnie o wartościach zbliżonych, K. TRENKES [41] rozszerzył zakres tego rozwiązania na płyty o dowolnych wartościach sztywności w tych samych co poprzednio kierunkach.

Jednak tak w pierwszej jak i drugiej pracy nie istniała możliwość uzyskania rozwiązania dla płyty uźebrowanej o różnych rozstawach i sztywnościach żeber.

W trakcie rozwiązywania należało:

- wydzielić z płyty element powtarzalny,
- zakładając takie same odkształcenia w płycie niejednorodnej jak w jednorodnej obliczyć sprowadzone sztywności,
- przetransponować wielkości wewnętrzne z płyty jednorodnej - ortotropowej do płyty niejednorodnej - izotropowej.

Zastępcza płyta jednorodna - ortotropowa w podanym sposobie nie ujmowała właściwości lokalnych rozkładu wielkości wewnętrznych w bezpośrednim sąsiedztwie połączenia żebra z płytą, co jest jedną z przyczyn niezgodności między uzyskanymi wynikami a rzeczywistością.

Inne rozbieżności wynikające ze stosowania tego sposobu obliczeń płyt o ortotropii konstrukcyjnej są spowodowane głównie przybliżonymi metodami wyznaczania funkcji ortotropii i założeniem zgodnej pracy płyty zastępczej i rzeczywistej, co ma miejsce tylko dla pewnych zakresów odkształceń i obciążeń.

Znaczne różnice szczególnie w płytach z symetrycznym uźebrowaniem powodowały również założenia upraszczające geometrię odkształcenia płyty, wynikające min. ze stosowania do obliczeń zastępczego modelu płyty jednorodnej - ortotropowej.

Przedstawiony w pracy [43] sposób rozwiązania dla płyty uźebrowanej nie przyjmuje jako podstawy rozwiązania równania płyty jednorodnej - ortotropowej, lecz ułożone w niej równania przedstawiają równowagę elementu płyty niejednorodnej - uźebrowanej. Wpływ źebrowania na przemieszczenia, a w następstwie na wielkości wewnętrzne wyraża szereg "funkcji" Diraca o osobliwościach w każdym z miejsc wzmocnienia płyty źebrem.

Zastosowanie "funkcji" Diraca pozwala uzyskać rozwiązanie, które zaburzenia rozkładu wielkości wewnętrznych w miejscach wpływu źebra zastępuje innym rozkładem tych wielkości nieciągłym, skokowym [11] [46].

Przyjęcie to odpowiada rzeczywistości dla tych płyt uźebrowanych w których sztywności źebrowania znacznie przewyższają sztywność łączącej je płyty. Szczególnie kiedy płyta jest wiotka, to wielkości wewnętrzne wywołane uźebrowaniem stosunkowo słabo propagują się na przylegające do źebrowania części płyty.

Określenie wielkości i charakteru wpływu zaburzenia (wywołanego miejscowym przyłożeniem momentu i siły normalnej do przekroju, które jest spowodowane niesymetrycznym uźebrowaniem) na wielkości wewnętrzne w miejscach przyległych do ogniska zaburzenia stanowi dodatkowy problem.

Dwie skrajne możliwości - jedna przyjmująca równomierny rozkład wielkości wewnętrznych wywołany uźebrowaniem płyty wzdłuż rozpatrywanego przekroju oraz druga zakładająca koncentrację tego wpływu tylko na szerokości źebra przez które zostały wywołane, określają maksymalną różnicę jaka może wystąpić w tych rozkładach i mogą służyć do ich przybliżonego określenia.

Istnieją płyty uźebrowane o tak dobranych wzajemnie sztywnościach żeber i płyty w których rozkład wielkości wewnętrznych nie może być aproksymowany przez żadną z tych skrajnych możliwości, bez popełniania znacznej omyłki w obliczeniach.

Dla tych przypadków należy rozpatrzeć wpływ zaburzenia na rozkład oraz charakter wielkości wewnętrznych oddzielnie, niezależnie od ogólnego rozwiązania dla płyty.

Rozwiązanie przedstawione w [43] jest rozwiązaniem dla ośrodka ciągłego niejednorodnego i jako takie może nasunąć pytanie w jakim zakresie wyniki wg niego uzyskane odpowiadać będą rzeczywistości. Jeśli przyjąć, że zachowuje ono wszystkie właściwości niejednorodnej płyty (uźebrowanej), a tym samym ograniczenia wynikające z zastąpienia jej płytą jednorodną ϵ ortotropową nie są aktualnie, to rozbieżności mogą wystąpić tylko w tych płytach w których wielkości wewnętrzne w poszczególnych przekrojach i sztywności żeber wykazują znaczne lokalne wahania.

Te przypadki graniczne mogą być najbliższej rzeczywistości analizowane także na podstawie równań podanych w cytowanej poprzednio pracy.

Uzyskane uogólnienie osiągnięto dzięki zastosowaniu "funkcji" δ Diraca, pozwalającej na analityczne przedstawienie procesów nieciągłych, jakimi mogą być rozkłady wielkości wewnętrznych w płytach uźebrowanych.

Należy zastrzec się, że takie traktowanie stanu naprężenia również jest idealizacją rzeczywistości.

Zezwala ono jednakże na oszacowanie granic między którymi rzeczywisty rozkład naprężeń będzie oscylował.

Dokładnie stan rzeczywisty może zostać zrealizowany wtedy, gdy "funkcje dyskretnego argumentu" (szereg dystrybucji δ - Diraca) zastąpimy aproksymującymi je ciągami funkcyjnymi [43].

Dodatkowo należałoby a priori znać ten wyraz ciągu, według którego realizowałby się stan rzeczywisty.

LITERATURA

- [1] AMBARCUMIAN S.A. - Teorija anizotropnych obożoczek Moskwa 1961.
- [2] ANDREJEWA Ł.E. - Uprugije elementy priborow Moskwa 1962.
- [3] BARAŃSKI W. - O pewnym rozwiązaniu w teorii zginania płyt cienkich o ortotropii cylindrycznej. Rozpr. Inż. 2,12 (1964) s.324.
- [4] BORCZ A. - Płyty wzmocnione belkami. Rozpr. Inż. 2,6 (1958).
- [5] BORKOWSKI S. - Zastosowanie metody sił zespolonych w teorii powłok ortotropowych. Rozpr. Inż. 2,13 (1965) s.355.
- [6] CARRIER G.F. - The bending of the cylindrically anisotropic plates. I. Appl. Mech. 11 (1964), 129.
- [7] DONNELL J.W. - Analyses of perforated plates Cost. diss. Univ. Pittsburgh 1962 r.
- [8] DWORAK J. - Płaski stan napięcia w izotropowej płycie osłabionej otworami położonymi w węzłach kwadratowej siatki (tł.) Bull. Acad. Polon. Sci, 4,12 (1964).
- [9] GIRKMANN K. - Dźwigary powierzchniowe "Arkady" Warszawa 1957.
- [10] GIRKMANN K., R. BEER - Anwendung der vorscharfen Platten theorie nach E. Reissner auf orthotropic Platten. Östr. Ing. Archiv. 12 (1958), s.101.
- [11] GREBJEN E.S. - Osnownyje sootnoszenija techniczeskoj - teorii rebristych obożoczek Izv. AN SSSR Mech. 3 (1965) s. 124.
- [12] SEN GUPTA M.M. - Bending of a cylindrically anisotropic plate with escentric load. J. Appl. Mech. 19, 1 (1952).
- [13] HARWAY G. - Bending of honey comb and of perforated plates J. Appl. Mech. 19,1 (1962).
- [14] HEARMON R.S. - An introduction to applied anisotropic elasticity. Oxford University Press 1961 r.

- [15] HENCKY H. - Über die Berücksichtigung der Schubverzerrung in ebenen Platten. Ing. Arch. 16, 72 (1947).
- [16] HUBER T.M. - a) Teoria płyt prostokątne równokierunkowych. Arch.Tow.Nauk.Lwów 1921 b) Probleme der Statik technische wichtiger orthotroper Platten. Akad. Nauk. Techn. W-wa 1929.
- [17] JAKOWIEW J.W. - Issledowanije žestkosti gusto perforirowannykh plit. Trudy Chark. Awiac. In-ta 16 (1956).
- [18] A. KACNER - Closed solution in the case of a semiinfinite plate with discontinuous boundary conditions. Arch. Mech. Stos. 9,2 (1957) s.371.
- [19] KACZKOWSKI Z. - a) Obliczanie płyt anizotropowych metodą nakładania ugięć fałdowych. Arch. Mech.Stos. 3,5 (1953) s.52. b) Ortotropowe płyty prostokątne o dowolnych warunkach brzegowych. Arch.Mech.Stos. 2, 8 (1956), s.32.
- [20] KALISKI S., NOWACKI W. - Some problems of structural analysis of plates with mixed boundary conditions. Arch.Mech.Stos. 4,8 (1956), s.113.
- [21] LECHNICKI S.G. - Anizotropnyje plastinki Moskwa 1957 s. (241-364).
- [22] MALKIN K. - Notes on a theoretical basis for design of tube sheets of triangular layont. Trans ASME 3 (1962) s.74.
- [23] MAZURKIEWICZ Z. - Buckling of rectangular plates obliquely streng - thened by ribs. Bull.Acad. Polon.Sci 11 (1961).
- [24] MIELNIKOW N.P. - Teoreticzeskoje i eksperimentalnoje issledowanije naprażennowo sootnoszenija perforirowannykh plit. Materiały po stalkonstr. wyp. 1 In-ta "Projekt stalkonstr." 1957 r.
- [25] MOŚSAKOWSKI J. - Osobliwe rozwiązania w teorii płyt ortotropowych. Arch. Mech. Stos. 3,6 (1954)
- [26] MOŚSAKOWSKI J., CYWIŃSKA Z. - Powierzchnie wpływowe ortotropowego półpasma płytowego. Arch.Mech.Stos. 1,6 (1954) s.33.
- [27] NOWACKI W. - a) Pasma płytowe ortotropowe Arch.Mech. Stos. 3/4/1951 s.259, b) Płyta prostokątna o mieszanych warunkach brzegowych Arch.Mech.Stos. 3, 4 (1951),c) Stateczność płyt wzmocnionych żebrami, Arch.Mech.Stos. 2,6 (1954) s.317. d) Zagadnienie stat. i dynamiki płyt wzmocnionych żebrami. Arch.Mech.Stos. 4,6 (1954), e) Thermal stresses in orthotropic plates. Bull.Acad. Polon. Sci 1 (1959).

- [28] NOWACKI W., TURSKI S. - Zastosowanie całki Fouriera do teorii płyt ortotropowych. Arch.Mech.Stos. 2,3 (1951) s.89.
- [29] NOWACKI W. - Zagadnienia termosprężystości PWN W-wa 1960 r.
- [30] OLESIAK Z. - A bent circular plate with linear supports inside the plate region. Arch.Mech.Stos. 9,1, (1957), s.227.
- [31] OLSZAK W. - Zagadnienie ortotropii w teorii nośności granicznej płyt. Arch.Mech.Stos. 3,5 (1953), s.329.
- [32] OLSZAK W., MURZEWSKI J. - Elastic - plastic bending of non-homogeneous ortotropic circular plates (cz. I) Arch.Mech. Stos 3,9 (1957) s.467 - Elasto - plastyczne zginanie niejednorodnych ortotropowych płyt kołowych. (cz. II) Arch.Mech. Stos. 5,9 (1957), s.605.
- [33] OLSZAK W. MRÓZ Z. - Elastic bending of circular plates with escentric holes. Arch.Mech.Stos. 2,9 (1957).
- [34] OLSZAK W. (red.) - Teoria plastyczności. PWN W-wa 1964 r.
- [35] FUCHER A. -Einflussfelder elastischer Platten (2 wyd.) Wien 1958.
- [36] REISSNER E. - On bending of elastic plates. Quart. Appl. Math. 5 (1947) s.55.
- [37] SAWIN G.N. - Stress concentration around Holes, Moskwa 1951 :
- [38] SOKOŁOWSKI M. - a) The stability of an orthotropic infinitely long plate with ribs. Arch. Mech. Stos., 4, 8 (1956). - b) Obliczanie stałych sprężystości dla płyt o ortotropii technicznej Arch. Inż. Łąd. 4,3 (1957), s.457 - c) O granicy stosowalności hipotezy Kirchhoffa w teorii zginania płyt poprzecznie niejednorodnych i warstwowych. Arch.Inż. Łąd. 1,5 (1959), s.3.
- [39] SZULKIN J.B. - Пластика усиленная радиальными ребрами. Изв.Ан ССР Mech. 2, 1965 r.
- [40] TIMOSHENKO S. - WOJNOWSKY-KRIEGER S. - Teoria płyt i powłok Warszawa 1962 r.
- [41] TRENKS K. - Beitrag zur Berechnung orthogonal anisotroper Rechteck - platten. Bauing. 29 (1954), s.372.
- [42] WILDE P. - a) The general solution for a rectangular orthotropic plate expressed by double trigonometric serie 1. Arch.Mech.Stos. 5,10 (1959) - b) Płyta ortotropowa z niesymetrycznymi żebrami cienkościennymi. Rozpr. Inż. 3,7 (1959 r.).

- [43] KUBIK J. - Podstawowe równania płyt uźebrowanych. Zesz.Nauk. Pol. Śl. "Budownictwo" z. 21.
- [44] MAZURKIEWICZ Z. - Bending and buckling of a rectangular plate reinforced transversely by ribs with variable rigidities Bull.Acad.Polon.Sci. Ser.Sci.tech. 10, 8; (1962), s.329-339.
- [45] REISSNER E. - Finite deflections of sandwich plates. Journr. of the Aeron Sci. 15.7 (1948).
- [46] VALENTA J. - Orthotropic shells and plates of arbitrarily variable thickness. Bull. Acad. Polon. Sci. Ser. Sci. tech. 8, (1964), s.21.

НЕОДНОРОДНЫЕ ПЛАСТИНЫ - ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Р е з ю м е

В работе проведена систематика некоторых результатов в области неоднородных пластинок, в упругой пластической и термоупругой части работы плит. Особое внимание уделено ребристым, слоистым с метаннами условиями на берегу плитам.

NON - HOMOGENOUS SLABS - SUMMARY FROM AVAILABLE LITERATURE

S u m m a r y

Some theoretical results of treatment of non-homogenous slabs have been synthetically treated. The work concerns the treatment of theories of slabs from the following points of view:

Elasticity, plasticity, thermo-elasticity. It also takes into consideration theories of multi-layer slabs and of slabs with various limiting conditions.