

## ROZWÓJ TEORII WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW W POLSCE

WITOLD NOWACKI (WARSZAWA)

Zanim przystąpię do omówienia rozwoju nauk o wytrzymałości materiałów w Polsce, nakreślić muszę ramy mego opracowania. Ograniczę się do przedstawienia prac i osiągnięć w dziedzinie szeroko pojętej teorii sprężystości omawiając również dziedziny od niej pochodne, takie jak teoria płyt i powłok, a również statyka i dynamika prętów i układów prętowych. Włączę również dziedziny, które stanowią rozbudowę klasycznej teorii sprężystości, takie jak termosprężystość, magnetosprężystość, aerosprężystość, hydrosprężystość itd.

Stwierdzić trzeba, że teoria sprężystości nie ma w Polsce tak pięknych i dawnych tradycji, jak we Francji (gdzie powstała), we Włoszech czy Anglii. Udział polskich uczonych w tej dziedzinie rozpoczął się późno, około 1890 r. Pierwszym poważnym badaczem w dziedzinie mechaniki budowlanej był F. JASIŃSKI [1]. Prace jego dotyczyły głównie stateczności prętów i układów prętowych. Znany jest jako ten, który inżynierom przywrócił wiarę w teorię stateczności prętów Eulera. Z 1903 r. datuje się pierwsza praca M. T. HUBERA, dotycząca obmyślonego przez niego kryterium wytrzymałościowego. Do działalności wymienionych dwu uczonych dorzucić należy kilka prac naszych matematyków, zajmujących się mechaniką teoretyczną raczej na marginesie swej działalności. Wspomnieć należy o pracy S. ZAREMBY, dotyczącej nieliniowych modeli ciał lepkosprężystych i pracy A. ROSENBLATTA z dziedziny sprzężonej termosprężystości, wreszcie o pracy znakomitego fizyka M. SMOLUCHOWSKIEGO o stateczności płyty spoczywającej na cieczy.

Przyczyną słabego rozwoju mechaniki stosowanej w Polsce w tym okresie była przede wszystkim szczupłość ośrodków naukowych, a zwłaszcza ośrodków naukowych technicznych. Wybitniejsi inżynierowie i badacze nie znajdowali w kraju rolniczym, podzielonym przez zaborców, możliwości rozwoju — rozwijali więc swą działalność przeważnie poza granicami kraju.

Znaczna zmiana na lepsze nastąpiła po uzyskaniu niepodległości w 1918 r. Powstała Politechnika Warszawska, działała nadal Politechnika Lwowska, powstało Centrum Badań Lotniczych. Jednak trzeba było dziesięciolecia, aby wychować młodą kadrę naukową. Niesprzyjającymi okolicznościami w rozwoju kadry naukowej było słabe wyposażenie szkół w laboratoria, a co więcej — brak zapotrzebowania na prace naukowe ze strony konserwatywnego i słabo rozwijającego się przemysłu.

W rozwoju mechaniki stosowanej okresu międzywojennego w Polsce wybitne zasługi położył M. T. Huber. Był on nieprzeciętną indywidualnością, uczonym wielkiego formatu.

Naukowo wypowiedział się w wielu dziedzinach mechaniki. Zajmował się mechaniką ogólną, wytrzymałością materiałów, teorią sprężystości i plastyczności, teorią płyt i powłok, teorią konstrukcji lotniczych. Działalnością swą starał się odrobić zaległości dawnych lat. Stworzył polską literaturę naukową w dziedzinie mechaniki ciała odkształcalnego — jako autor podręczników-monografii: *Mechanika techniczna* [2], trzypięciotomowa *Stereomechanika* [3] (to jest wytrzymałość materiałów), dwutomowa *Teoria sprężystości* [4].

Podnieść należy te jego osiągnięcia, które zapewniły mu trwałe miejsce w nauce światowej. Dziedziną, która go najbardziej interesowała, były hipotezy i kryteria wytrzymałościowe. W 1904 r. w długo niezauważonej pracy *Właściwa praca odkształcenia jako miara wyężenia materiału* wypowiedział pogląd, że energię odkształcenia postaciowego należy przyjąć za miarę wyężenia materiału. Kryterium to później zaproponowane przez R. v. MISESA (1913) i H. HENCKY'EGO (1924) nosi obecnie nazwę warunku plastyczności Huber-Mises-Hencky.

Największy rozgłos zjednały M. T. Huberowi prace z dziedziny płyt ortogonalnie anizotropowych, zwanych przez niego «płytami ortotropowymi». I choć podstawy tej teorii podane były wcześniej przez GEHRINGA i VOIGTA, zasługą M. T. HUBERA był rozwój jej teorii w odniesieniu do anizotropii makroskopowej. Wykazał on, że elementy takie, tak płyty żelbetowe, płyty uźebrowane, blacha falista itd. mogą być z dostatecznym przybliżeniem traktowane jako płyty o tak zwanej ortotropii konstrukcyjnej. W dziedzinie teorii płyt ortotropowych M. T. Huber obmyślił szereg metod rozwiązania równania różniczkowego opisującego zgięcie płyt, rozwiązał wiele zagadnień dotyczących statyki i stateczności tych płyt. Owocem jego działalności w tej dziedzinie są dwie monografie [5, 6].

Kilka prac poświęcił M. T. Huber wyjaśnieniu problemu wysuniętego przez H. HERTZA, a dotyczącego zagadnienia tak zwanej bezwzględnej miary twardości. Wykazał on, że proponowana przez H. Hertza miara nie jest cechą materiałową i że miara ta zależy od kształtu stykających się ciał.

Zasługą M. T. Hubera jest wykształcenie i przyciągnięcia do prac naukowych szeregu młodych i zdolnych uczniów. Do jego uczniów należał W. BURZYŃSKI, znany ze swych prac nad kryterium wytrzymałościowym dla ciał kruchych i nad podstawami teorii sprężystości, dalej J. NALESZKIEWICZ — pracujący głównie w dziedzinie stateczności konstrukcji lotniczych i teorii drgań.

W okresie międzywojennym rozpoczął swą działalność naukową W. OLSZAK, głównie w dziedzinie płaskich zagadnień teorii sprężystości ciał jednorodnych i niejednorodnych.

Po okresie drugiej wojny światowej i okupacji Polski przez hitlerowskiego najeźdźcę, pociągającej za sobą wyniszczenie części kadry naukowej mechaników, ogromny wysiłek skierowano w latach 1945—1950 na odbudowę zniszczonych przez okupanta warsztatów pracy oraz na tworzenie nowych ośrodków pracy naukowej i dydaktycznej.

Obok odbudowującej się z gruzów Politechniki Warszawskiej powstają nowe ośrodki myśli technicznej — politechniki w Łodzi, Gdańsku, Wrocławiu, Gliwicach, Krakowie oraz wyższe szkoły inżynierskie w Poznaniu i Szczecinie.

Z natury rzeczy główny wysiłek mechaników polskich skierowany był w tym okresie na prace dydaktyczne i organizacyjne. Mimo to, badania w tym pierwszym powojennym okresie były od razu liczne. Wiązały się one przede wszystkim z zagadnieniami odbudowy

kraju. Dotyczyły zagadnień wytrzymałości materiałów, przede wszystkim statyki i dynamiki oraz stateczności konstrukcji stalowych i żelbetowych. Rozwinęły się też w tym okresie prace z dziedziny teorii płyt i powłok. Przywiązywano też w tym okresie wielką wagę do kształcenia i rozwoju młodej kadry naukowej.

Znaczne ożywienie ruchu naukowego przyniosły przygotowania do I Kongresu Nauki Polskiej, który odbył się w 1951 r. W ramach prac licznych sekcji, a szczególnie sekcji budowy maszyn i sekcji budownictwa, wiele uwagi poświęcono zagadnieniom rozwoju mechaniki stosowanej w kraju. Powstał pierwszy, choć jeszcze bardzo ogólny, plan rozwoju mechaniki stosowanej.

Powstanie w 1952 r. Polskiej Akademii Nauk, a w jej ramach Zakładu Mechaniki Ośrodków Ciągłych oraz Zakładu Mechaniki Cieczy i Gazów, pozwoliło na pełniejszą realizację postulatów I Kongresu Nauki. Wymienione dwa ośrodki liczą obecnie 140 osób i działają w ramach Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN. Instytut ten w dużej mierze wpływa na rozwój mechaniki w Polsce.

Skupienie w nim znacznej kadry naukowej wpływa na większą koncentrację badań w nowoczesnych kierunkach mechaniki. Instytut wydaje cztery czasopisma poświęcone mechanice — Archiwum Mechaniki Stosowanej, Rozprawy Inżynierskie, Proceedings of Vibration Problems oraz Polską Bibliografię Analityczną Mechaniki, jak i szereg monografii (dotąd 24) z zakresu mechaniki. Coroczne konferencje naukowe mechaniki stosowanej pozwalają na pełniejszą ocenę dorobku naukowego. Znaczną rolę w życiu mechaniki stosowanej odgrywa w kraju Polskie Towarzystwo Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, działające głównie na terenie ośrodków naukowych pozawarszawskich. Organizuje ono szereg sympozjów specjalistycznych oraz wydaje czasopismo Mechanika Teoretyczna i Stosowana.

Organem koordynującym badania naukowe i wytyczającym kierunki rozwoju mechaniki stosowanej w Polsce jest Komitet Mechaniki Polskiej Akademii Nauk, działający w ramach Wydziału Nauk Technicznych PAN. Stanowi on reprezentację naukową mechaniki, jest najbardziej autorytatywnym organem stymulującym jej rozwój. Obecnie w dziedzinie mechaniki stosowanej w Polsce pracuje 62 samodzielnych pracowników naukowych (profesorów, docentów) oraz liczna kadra młodszych pracowników nauki.

W rozwoju powojennym mechaniki polskiej charakterystyczne jest to, że prace badawcze przez pierwsze dziesięciolecie postępowały w kierunkach tradycyjnych, podczas gdy w drugim dziesięcioleciu ukształtowały się nowe i liczne kierunki. Wynikało to głównie z procesu kształcenia i dojrzwania młodej kadry naukowej.

Osiągnięcia mechaniki polskiej, w zakreślonym przeze mnie na wstępie obszarze, charakteryzować będę w ramach większych kierunków.

Jednym z poważnych i najszybciej po roku 1945 rozwijających się kierunków — to szeroko pojęta *mechanika konstrukcji*, obejmująca statykę i dynamikę oraz stateczność konstrukcji, jak również teorię płyt i powłok.

W statyce wiele uwagi poświęcono od razu metodom rozwiązywania układów statyczne niewyznaczalnych metodą deformacji. Wynikało to głównie z zapotrzebowań praktycznych licznie powstających biur konstrukcyjnych budownictwa i przemysłu maszynowego. Badania postępowały tu w dwu kierunkach — w kierunku rozszerzenia metody Crossa na układy przesuwne oraz w kierunku przystosowania obmyślonego przez BANACHIEWICZA rachunku krakowianów (odmiana algebry macierzowej) do zadań statyki

konstrukcji. W pierwszej grupie badań nad rozszerzeniem metody iteracyjnej Crossa wymienić należy liczne prace St. BŁASZKOWIAKA i Z. KĄCZKOWSKIEGO, zebrane później w monografii [7], w drugiej liczne prace Z. DOWGIRDA i R. DOWGIRDA [8, 9]. Wiele uwagi poświęcono w tym okresie statyce przestrzennych układów ramowych i statyce rusztów płaskich oraz dźwigarom załamanym w planie (St. BŁASZKOWIAK, Z. KĄCZKOWSKI, W. NOWACKI).

Rozwinęły się badania dotyczące statyki prętów cienkościennych (J. RUTECKI, J. BRZOSKA), ujęte później w opracowaniach monograficznych [12, 13]. Obok znanego podręcznika mechaniki budowli W. WIERZBICKIEGO [10] pojawiła się nowa monografia tej dziedziny [11].

Interesujące wyniki uzyskano w zapoczątkowanym w latach przedwojennych przez Z. WASIUTYŃSKIEGO kierunku kształtowania wytrzymałościowego opartego na kryterium potencjału sprężystego [14]. Kierunek ten rozszerzono na zagadnienia kształtowania wytrzymałościowego prętów i płyt wstępnie sprężonych (Z. WASIUTYŃSKI, A. BRANDT, W. DZIENISZEWSKI).

Znaczne osiągnięcia uzyskano w dziedzinie stateczności prętów zwykłych i cienkościennych. W tej dziedzinie zanotować trzeba monografię J. NALESZKIEWICZA [15]. Rozwinęły się badania nad bezpieczeństwem budowli i konstrukcji budowlanych (W. Wierzbicki i jego uczniowie), rozwijane na drodze probabilistycznej.

W dziedzinie *dynamiki budowli* opracowano szereg zagadnień odnoszących się do drgań liniowych i nieliniowych belek, wałów, układów prętowych i ramowych itp., dalej szereg zagadnień odnoszących się do uderzeń poprzecznych oraz poprzeczno-podłużnych (np. problem udarowej stateczności pręta), szereg zagadnień dynamiki układów ramowych, rusztów ciągłych, kratownic. Szereg wyników bardzo interesujących uzyskano przy użyciu metody różnic skończonych również i dla układów złożonych, dyskretno-ciągłych. Rozwiązano wreszcie szereg zadań drgań parametrycznych podłużno-giętnych, giętno-skrętnych (S. KALISKI, Z. KĄCZKOWSKI, Z. MAZURKIEWICZ, J. NALESZKIEWICZ, W. NOWACKI, K. PISZCZEK, W. WIERZBICKI i inni). Ukazały się ostatnio dwie monografie z dziedziny dynamiki budowli [16, 17].

Istniejące w Polsce tradycje naukowe przyczyniły się w okresie powojennym do wielkiego rozwoju *teorii płyt*. W pierwszym dwudziestoleciu tematyka prac dotyczyła głównie zagadnienia statyki płyt anizotropowych, przede wszystkim ortotropowych. Uzyskano szereg rozwiązań osobliwych w postaci zamkniętej, pozwalających na wyznaczenie powierzchni wpływowych dla płyt anizotropowych o rozmaitych kształtach i sposobach podparcia (Z. CYWIŃSKA, J. MOSSAKOWSKI, W. NOWACKI). Obmyślono oryginalną metodę rozwiązania zagadnień płytowych przez tak zwane nakładanie ugięć fałdowych (Z. KĄCZKOWSKI). Rozwiązano szereg zagadnień dotyczących płyt wielobocznych i trapezoidalnych (Z. KĄCZKOWSKI, Z. RAJPERT). Rozwinęto szeroko metodę transformacji całkowych i transformacji skończonych do zagadnień płytowych (W. NOWACKI, P. WILDE). Szeroko wykorzystano metodę szeregów trygonometrycznych Fouriera do rozwiązania płyt o różnych sposobach podparcia (dla innych warunków brzegowych niż Naviera), dla płyt o mieszanych warunkach brzegowych (A. KACNER, Z. KĄCZKOWSKI, W. NOWACKI).

Szereg prac poświęcono zagadnieniom stateczności płyt przy użyciu metody równań całkowych Fredholma, drugiego rodzaju (A. KACNER, W. NOWACKI, Z. MAZURKIEWICZ).

Szczególną uwagę poświęcono zagadnieniu mieszanych warunków brzegowych w teorii płyt, rozwiązując je kilkoma metodami. Pierwsza z nich, obmyślona przez W. NOWACKIEGO, polegała na doprowadzeniu zagadnienia do rozwiązania układu równań całkowych pierwszego rodzaju (A. KACNER, S. KALISKI, W. NOWACKI, Z. OLESIAK).

Druga, to zastosowanie do płyt o brzegach liniowych (pasma i półpasma płytowe) metody Wienera-Hopfa (M. SOKOŁOWSKI, M. MATCZYŃSKI).

Trzecia droga rozwiązania, to odmiana metody pierwszej, sprowadzająca zagadnienie do rozwiązania równań całkowych osobliwych, względnie do rozwiązania zagadnienia Hilberta. Metody rozwinięte w dziedzinie mieszanych warunków brzegowych statyki płyt zostały następnie przeniesione do zagadnień stateczności i dynamiki płyt (Z. KĄCZKOWSKI, S. KALISKI, W. NOWACKI), a potem uogólnione na zagadnienia przestrzenne teorii sprężystości (W. Nowacki). Na uwagę zasługują wreszcie badania dotyczące płyt złożonych (*sandwich plates*). Badania te dotyczyły zagadnień statyki, stateczności i dynamiki tych układów (R. GANOWICZ, H. MIKOŁAJCZAK, P. WILDE).

W teorii powłok badania nie były tak liczne, jak w teorii płyt, doznały jednak znacznego nasilenia i zróżnicowania w drugiej dekadzie powojennej. Pierwsze dziesięciolecie skupiało się na badaniach raczej tradycyjnych, odnoszących się do statyki, stateczności i dynamiki powłok walcowych i kulistych, głównie powłok ortotropowych i wzmocnionych żebrami. Z biegiem lat wachlarz prac wzbogacał się o elementy nowe. Ukazały się prace dotyczące drgań samowzбудnych powłoki w oplywie naddźwiękowym, stateczności powłok wirujących, drgań magnetosprężystych w silnym pierwotnym polu magnetycznym. Rozpatrzono szereg zagadnień powłokowych o mieszanych warunkach brzegowych, zagadnień związanych z błędami montażowymi, naprężeniami wstępnymi, wpływem temperatury (Z. DŻYGADŁO, S. KALISKI, J. LEYKO, B. ŁAWRUK, W. NOWACKI).

W ostatnich latach zajęto się wyprowadzeniem ściślejszych równań dynamicznej teorii powłok, wychodząc z równań teorii sprężystości, przy odejściu od hipotezy KIRCHHOFFA (J. MOSSAKOWSKI).

Odrębną grupę prac stanowią prace nad teorią powłok siatkowych. W pracach tych wyprowadzono geometrię powierzchni opisanych zbiorami regularnych punktów, podano wzory na odkształcenia takiej powierzchni oraz wykazano, że otrzymane wyrażenia różniczkowe w granicznym przypadku przechodzą w znane związki różniczkowe dla powierzchni riemanowskiej (W. GUTKOWSKI, H. FRĄCKIEWICZ). Wreszcie interesujące wyniki uzyskano w analizie geometrii odkształceń skończonych powłok i w zagadnieniach dotyczących beznaprężeniowego odkształcenia powłok cienkich w polu temperatury (P. WILDE, Cz. WOŹNIAK).

Bliska omawianym zagadnieniom jest grupa prac z zakresu *aerosprężystości*. W dziedzinie tej wykonano szereg prac odnoszących się do samowzбудnych drgań powłok. Zbadano drgania samowzбудne nieskończonej, zamkniętej i otwartej powłoki walcowej oraz pasma płytowego w oplywie naddźwiękowym przy uwzględnieniu oplywu i zastosowaniu pełnej zlinearyzowanej teorii oplywu (Z. DŻYGADŁO, S. KALISKI). Szereg prac poświęcono flatterowi wirujących i nie obracających się raket, rozpatrzono flatter powłoki walcowej i stożkowej o skończonej długości (Z. DŻYGADŁO, J. KACPRZYŃSKI, S. KALISKI, L. SOLARZ).

Zbadano naddźwiękowy przepływ wewnętrzny przez kanał obrotowy o drgających ściankach oraz flutter takiego kanału (Z. DŻYGADŁO, W. FISZDON, J. NIESYTTO). Wreszcie opracowano problem drgań parametryczno-samowzbudnych aerosprężystości (Z. Dżygadło, S. Kaliski). Uzyskano szereg interesujących wyników w dziedzinie magneto-flatteru (S. Kaliski, L. Solarz).

W dziedzinie *hydrosprężystości*, kierunku, który rozwija się od kilku lat, odnotować należy grupę prac dotyczącą przepływu cieczy przez rurociągi (hydro-flatter) oraz grupę prac związaną z zagadnieniem drgań ciał częściowo lub zupełnie zanurzonych w cieczy (A. BOBESZKO, R. SOLECKI, J. WIĘCKOWSKI).

W okresie powojennym wielkiego rozwoju doznały badania w dziedzinie teorii sprężystości i jej działów pokrewnych (termosprężystość, magnetosprężystość i inne).

W zagadnieniach statycznych główny nurt badań dzielił się na dwa kierunki — na teorię sprężystości ciał anizotropowych oraz na teorię sprężystości ciał niejednorodnych. Teoria sprężystości ciał izotropowych i jednorodnych nie była uprawiana szeroko. Do ważniejszych osiągnięć w tej dziedzinie należy obmyślenie metody rozwiązania zagadnień o mieszanych warunkach brzegowych przez doprowadzenie rozwiązania do układu równań całkowitych pierwszego rodzaju (W. Nowacki). Tą oraz innymi metodami rozwiązano szereg zagadnień dwuwymiarowych i przestrzennych, takich jak stan naprężenia w prostopadłościanie sprężystym, w walcu skończonym, w prętach podlegających skręcaniu (S. KALISKI, J. KURLANDZKI). Rozwiązano też szereg zagadnień kontaktowych (Z. OLESIAK).

W dziedzinie elastostatyki *ciał anizotropowych* poszukiwania szły w kierunku uzyskania funkcji przemieszczeniowych (analogicznych do wektora Galerkina w ciele izotropowym) dla ośrodka ortotropowego oraz ośrodka cechującego się izotropią poprzeczną (W. NOWACKI, Z. MOSSAKOWSKA). Uzyskano też szereg rozwiązań fundamentalnych dla przestrzeni i półprzestrzeni sprężystej (Z. Mossakowska), wreszcie uzyskano szereg rozwiązań dwuwymiarowych zagadnień w ciele anizotropowym głównie przy zastosowaniu metody funkcji zmiennej zespolonej (J. MOSSAKOWSKI, M. SUCHAR).

Szereg nowych rezultatów osiągnięto w dziedzinie *elastostatyki ciał niejednorodnych*. Uzyskano tu szereg wyników ogólnych, opracowano metody energetyczne i wariacyjne służące do rozwiązania tych złożonych zagadnień (J. NOWIŃSKI, St. TURSki, S. KALISKI). Rozwiązano szereg konkretnych zadań odnoszących się do deformacji grubościennych walców i kul wydrążonych. Opracowano wreszcie teorię sprężystości ciał fizykalnie nieliniowych (J. NOWIŃSKI, W. OLSZAK, M. ŻYCZKOWSKI).

Niemniej szeroko rozwijały się prace w dziedzinie *elastokinetyki*. W dziedzinie propagacji i dyfrakcji fal sprężystych uzyskano szereg interesujących wyników. Opracowano tak zwaną metodę obszarów skończonych, za pomocą której można uzyskać efektywne rozwiązanie dla propagacji zaburzeń w dowolnym sprężystym ośrodku izotropowym i anizotropowym.

Metoda ta pozwala na uzyskiwanie analogicznych wyników dla problemów brzegowych półprzestrzeni sprężystej (S. Kaliski). Została ona zastosowana do rozwiązania problemu dyfrakcyjnego na klinie sprężystym (J. KURLANDZKI). Problem ten został rozwiązany również inną metodą (metoda Johna) rozkładu na fale kuliste (J. TEISSEYRE). Rozwiązano również szereg problemów dyfrakcyjnych dla dysku płaskiego (L. FILIPCZYŃSKI).

W zakresie dynamicznych zagadnień brzegowych uzyskano szereg oryginalnych rezultatów. Zaliczamy tu metodę redukcji zagadnień brzegowych elastokinytyki do równań całkowych pierwszego rodzaju (S. Kaliski, W. Nowacki). Przy użyciu tej metody uzyskano rozwiązania dla podstawowych problemów brzegowych prostopadłościanu i walca sprężystego. Równania całkowe pierwszego rodzaju rozwiązano przez sprowadzenie ich do nieskończonego układu równań algebraicznych, dla którego wykazano regularność rozwiązania (S. Kaliski). Zagadnienie to zostało powtórnie rozwiązane przez redukcję zagadnienia do równań całkowych drugiego rodzaju (J. Kurlandzki). Podano rozwiązanie zagadnienia brzegowego dla słabo zbieżnego (rozwiązanie ścisłe) i dla dowolnego stożka (przybliżoną metodę dyskretno-ciągłą) (J. KACPRZYŃSKI, Cz. RYMARZ).

Rozpatrzono szereg problemów granicznych dla półprzestrzeni, jak np. zagadnienie fal Rayleigha dla ośrodka niejednorodnego i anizotropowego (J. IGNACZAK, S. KALISKI).

W dziedzinie szeroko pojętej elastokinytyki odnotować należy dwie obszerne monografie [18, 19].

Od 1955 r. rozwinęły się prace badawcze w dziedzinie *termosprężystości* pojętej najpierw jako teoria naprężeń cieplnych, później wzbogaconej o teorię ogólniejszą, sprzęgającą pole deformacji i pole temperatury (sprężona termosprężystość), a bazującej na termodynamice procesów nieodwracalnych.

W teorii naprężeń cieplnych uzyskano rozwiązania szeregu zagadnień quasi-statycznych, związanych z działaniem źródeł ciepła w ciałach sprężystych rozmaitego kształtu oraz z działaniem nieustalonego pola temperatury na powierzchnię ciała.

Rozwiązania odnosiły się zarówno do ciał sprężystych tak izotropowych, jak również i anizotropowych, oraz do ciał wykazujących cechy lepkosprężyste (W. DERSKI, I. IGNACZAK, J. MOSSAKOWSKI, W. NOWACKI). Opracowano również szereg zagadnień dynamicznych teorii naprężeń odnoszących się do tak zwanych «szoków termicznych», nagłego ogrzania czy oziębienia ciała (J. Ignaczak, W. Nowacki).

W termosprężystości sprzężonej, która stanowi obecnie syntezę teorii sprężystości i przewodnictwa cieplnego, uzyskano szereg wyników związanych głównie z propagacją fal termosprężystych w ciałach izotropowych różnych kształtów. Uzyskano też szereg twierdzeń ogólnych i metod rozwiązywania. Dorobek w dziedzinie teorii naprężeń cieplnych i termosprężystości został zebrany w trzech monografiach [20, 21, 22].

Ostatnio zagadnienia termosprężystości zostały rozszerzone na bardziej złożone ośrodki sprężyste (ośrodek Cosseratów i ogólny ośrodek o asymetrycznej sprężystości) (W. NOWACKI, Cz. WOŹNIAK). Stworzono wreszcie podstawy magneto-termosprężystości, w której wiąże się w ciele sprężystym pole elektromagnetyczne z polem deformacji i temperatury. W silnym stałym polu magnetycznym uderzenie mechaniczne, czy też szok termiczny, powoduje powstanie zaburzeń elektromagnetycznych (S. Kaliski, W. Nowacki).

Przebadano wreszcie działanie temperatury na pole elektryczne i pole deformacji w piezoelektrykach (S. Kaliski, W. Nowacki).

Nowym i oryginalnym kierunkiem, szeroko w ostatnich latach rozwijanym w Polsce, jest magneto-sprężystość (S. Kaliski i współpracownicy). W silnym, stałym, pierwotnym polu magnetycznym zmienne w czasie obciążenia wywołują nie tylko deformację ciała, ale i pole elektromagnetyczne. W rozwiązaniach elektrodynamiki wolnoporuszających się ośrodków pojawiają się człony związane z przemieszczeniem ciała, w równaniach prze-

mieszczeniowych ciała sprężystego — siły Lorentza. W dziedzinie magneto-sprężystości uzyskano szereg interesujących propagacji fal sprężystych i elektromagnetycznych w przewodnikach i dielektrykach (S. KALISKI, A. ROGULA).

Sformułowano równanie pola ze spinem dla ferromagnetyków. Uzyskano efekty promieniowania Czerenkowa, związane ze sprzężeniem pola deformacji i elektromagnetycznego w dielektrykach i przewodnikach. Wreszcie opracowano zagadnienie drgań samowzbudnych strumieni elektronowych poruszających się nad przewodnikiem sprężystym, znajdującym się w stałym polu magnetycznym. Badania te, równolegle prowadzone na drodze doświadczalnej, znajdują zastosowanie w niektórych zagadnieniach geofizyki i generacji fal akustycznych (S. Kaliski i współpracownicy).

W ostatnim dziesięcioleciu rozwinęły się badania w dziedzinie *teorii odkształceń skończonych*. Prace prowadzone są w trzech kierunkach — nieliniowej teorii sprężystości, stateczności i drgań przy dużych odkształceniach oraz w dziedzinie podstaw mechaniki ośrodków ciągłych. W pierwszym z wymienionych kierunków badania skupiały się nad małymi odkształceniami nałożonymi na odkształcenia skończone materiałów, cechujących się ortotropią krzywoliniową oraz nad strukturą ciał izotropowych poddanych dużym odkształceniom sprężystym (W. URBANOWSKI). W ramach drugiego kierunku badano stateczność szeregu ciał: walców grubościennych i kul wydrążonych, izotropowych, sprężystych i lepkosprężystych (Z. WESOŁOWSKI i S. ZAHORSKI).

W ramach trzeciej grupy tematycznej bada się niezmienniki niesymetrycznych tensorów w nieliniowej teorii sprężystości. Dotyczy to zarówno ciał o trzech, jak też i o sześciu stopniach swobody (ośrodek Cosseratów). Opracowano wreszcie na bazie termodynamiki procesów nieodwracalnych teorię ośrodków ciągłych (z zanikającą pamięcią), uwzględniającą oddziaływanie wyższych rzędów między cząsteczkami a mikrostrukturą (Z. Wesołowski, S. Zahorski, Cz. Woźniak).

Ostatnim kierunkiem obecnie żywo rozwijanym jest teoria dyslokacji. Badania w tej dziedzinie rozpoczęto w 1961 r. Zważyć jednak trzeba, że geometrią kontynualnych dyslokacji zaczęto się zajmować zaledwie 10 lat temu.

W początkowym stadium zajmowano się geometryczną statyką dyslokacji w zagadnieniach ciągłych rozkładów dyslokacji w kryształach. W tym okresie rozwiązano zagadnienie zanurzenia kryształu z ciągłym rozkładem dyslokacji (odpowiednikiem którego jest przestrzeń Cartana) w dziewięciowymiarowej przestrzeni euklidesowej. W ten sposób można było wprowadzić pojęcie przemieszczenia między kryształem zdyslokowanym a kryształem idealnym, traktując oba kryształy jako trójwymiarowe podprzestrzenie zanurzone we wspólnej dziewięciowymiarowej przestrzeni euklidesowej (H. ZORSKI, M. ŻÓRAWSKI). W dalszym ciągu rozpoczęto prace nad dynamiczną teorią dyslokacji, którą prowadzono w dwóch kierunkach; jest to dynamiczna teoria defektów dyskretnych w ośrodku sprężystym i dynamiczne zagadnienia defektów rozłożonych w sposób ciągły w ośrodku sprężystym. W obu grupach zagadnień zbudowano równania ruchu defektów, w przypadku defektów dyskretnych bazując na elektrodynamicznej teorii elektronu. Rozwiązano również zagadnienie dyspersji fal na defektach sieci krystalicznej. Opracowano niektóre zagadnienia związane z kwantowaniem pól defektów w ośrodku ciągłym (Z. Mossakowska, H. Zorski, M. Żórawski).



\*

W dokonanym tu przeglądzie kierunków i wyników naukowych świadomie punkt ciężkości położono na ostatnie dziesięciolecie. W pierwszej dekadzie powojennej szkolono głównie kadrę. Szczupłość i małe doświadczenie naukowe kadr skłaniało do kontynuowania kierunków tradycyjnych. Jednakże z biegiem lat następowało coraz szybsze zbliżanie się do głównego nurtu rozwoju mechaniki i, co równie ważne, następowało zapoczątkowanie nowych, oryginalnych kierunków. O ewolucji tej świadczy przykładowo stan w dziedzinie teorii sprężystości. W latach 1945-1955 rozwijano głównie teorię dźwigarów powierzchniowych (płyty i powłoki) oraz teorię sprężystości ciał anizotropowych. W latach 1955-1960 na plan pierwszy wysunęły się badania w dziedzinie teorii naprężeń cieplnych i liniowej lepkosprężystości. W ostatnim pięcioleciu dominuje nieliniowa teoria sprężystości, termosprężystość, teoria dyslokacji i teoria pól sprzężonych.

W ostatnich latach obserwuje się w mechanice polskiej dwie tendencje: jedną zmierzającą do coraz ściślejzego opisywania zachowania się ciał rzeczywistych i drugą, zmierzającą do sprzęgania ze sobą różnych, dotąd oddzielnie rozwijanych dziedzin. Ta ostatnia tendencja, prowadząca do ściślejzego wiązania mechaniki z fizyką ma głównie charakter poszukiwawczy. Dąży do opisywania efektów wtórnych i eksponowania ich przy wzroście określonych parametrów do efektów głównych.

#### Literatura cytowana w tekście

1. F. JASIŃSKI, *Izbrannyje soczinjenje*, Petersburg 1902.
2. M. T. HUBER, *Mechanika ogólna i techniczna*, Warszawa 1951.
3. M. T. HUBER, *Stereomechanika*, Warszawa 1951.
4. M. T. HUBER, *Teoria sprężystości*, tom I i II, Warszawa 1948.
5. M. T. HUBER, *Teoria płyt prostokątnie-różnokierunkowych*, Lwów 1921.
6. M. T. HUBER, *Probleme der Statik technisch wichtiger orthotropen Platten*, Gastvorlesungen an der E. T. H. Zürich, Warszawa 1929.
7. St. BŁASZKOWIAK, Z. KĄCZKOWSKI, *Metoda Crossa*, Warszawa 1958.
8. Z. DOWGIRD, *Krakowiany*, Warszawa 1956.
9. R. DOWGIRD, Z. DOWGIRD, *Konstrukcje prętowe z zastosowaniem krakowianów*, Warszawa 1964.
10. W. WIERZBICKI, *Mechanika budowli*, Warszawa 1968.
11. W. NOWACKI, *Mechanika budowli*, Warszawa, tom I (1957), tom II (1960), tom III (1966).
12. J. RUTECKI, *Wytrzymałość konstrukcji cienkościennych*, Warszawa 1957.
13. J. BRZOSKA, *Statyka i stateczność konstrukcji prętowych i cienkościennych*, Warszawa 1961.
14. Z. WASIUFYŃSKI, *O kształtowaniu wytrzymałościowym*. Część I-III, Warszawa 1939.
15. J. NALESZKIEWICZ, *Zagadnienie stateczności sprężystej*, Warszawa 1958.
16. W. NOWACKI, *Dynamika budowli*, Warszawa 1961.
17. R. SOLECKI, J. SZYMKIEWICZ, *Dźwigary prętowe i powierzchniowe. Obliczenia dynamiczne*, Warszawa 1964.
18. S. KALISKI, *Pewne problemy brzegowe dynamicznej termosprężystości i ciał niesprężystych*, Warszawa 1957.
19. Z. DŻYGADŁO, S. KALISKI, L. SOLARZ, E. WŁODARCZYK, *Drgania i fale*, Warszawa 1964.
20. W. NOWACKI, *Zagadnienia termosprężystości*, Warszawa 1960.
21. W. NOWACKI, *Thermoelasticity*, Pergamon Press, Oxford 1962.
22. W. NOWACKI, *Dynamiczne zagadnienia termosprężystości*, Warszawa 1966.

## Р е з ю м е

## ПРОГРЕСС В ОБЛАСТИ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ В ПОЛЬШЕ

В работе дан краткий обзор развития в Польше учения о прочности (сопротивлении) материалов в широком смысле этого названия, начиная с девяностых годов минувшего столетия. Обсуждены основные научные достижения и главные направления разработки таких областей, как классическая наука о сопротивлении материалов, строительная механика и теория упругости, а в частности: теория анизотропных тел, теория пластин и оболочек, гидро- и аэроупругость, магнито- и термоупругость, теория конечных деформаций.

Список литературы содержит лишь фундаментальные монографии польских учёных этого периода.

## S u m m a r y

## ENGINEERING MECHANICS IN POLAND

The paper presents a short survey of main Polish achievements in the domain of engineering mechanics for the past eighty years. The fundamental results and development trends are listed in the field of the classical strength of materials, structural mechanics and elasticity theory, concerning, in particular: the theory of anisotropic bodies, theory of plates and shells, hydro- and aero-elasticity, magneto- and thermoelasticity and the theory of finite deformations. References are made to some of the most important books and monographs published by Polish scientists in the field of applied mechanics.

INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

*Praca została złożona w Redakcji dnia 1 kwietnia 1968 r.*