

BIULETYN INFORMACYJNY

SYMPOZJUM «METODY KOMPUTEROWE W MECHANICE KONSTRUKCJI»

W dniach 17-18 maja 1973 r. odbyło się w Poznaniu Sympozjum «Metody komputerowe w mechanice konstrukcji». Było to pierwsze ogólnopolskie spotkanie tego typu poświęcone mechanice komputerowej.

Sympozjum zorganizowała Sekcja Mechaniki Konstrukcji Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN wspólnie z Zarządem Oddziału PZITB w Poznaniu przy udziale Instytutu Technologii i Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej. Komitet Organizacyjny Sympozjum składał się z 7 osób: prof. dr J. SZMELTER (przewodniczący Komitetu Organizacyjnego), prof. dr A. SAWCZUK (przewodniczący Komitetu Mechaniki i Fizyki Ośrodków Ciągłych PAN), prof. dr K. WRZEŚNIEWSKI (sekretarz naukowy Komitetu Organizacyjnego i Sekcji Mechaniki Konstrukcji), inż. J. MATUSZEWSKI (przewodniczący Zarządu Oddziału PZITB w Poznaniu), doc. dr Z. LEŚNIAK (Instytut Techniki Budowlanej), dr B. ORŁOWSKA (Centrum Informatyki Przemysłu Budowlanego) i prof. dr G. RAKOWSKI (Politechnika Warszawska).

Zasadniczym celem sympozjum było zorientowanie zebranych w całokształcie tematyki i badań prowadzonych przez poszczególne ośrodki krajowe na tle problematyki rozwijanej za granicą oraz ocena aktualnego stanu i potrzeb tej nowej, ważnej dla rozwoju gospodarczego kraju, dyscypliny. Ponadto sympozjum miało wytyczyć kierunki dalszych badań w zakresie mechaniki komputerowej i wskazać niezbędność szerzego wprowadzenia metod komputerowych do programu nauczania mechaniki na uczelniach technicznych.

W obradach wzięło udział 130 osób z całego kraju. Zdecydowana większość uczestników reprezentowała uczelnie wyższe (79%); pozostałe osoby to przedstawiciele biur projektów (12%) i ośrodków obliczeniowych (9%). Wygłoszono 29 referatów. Autorzy nadesłanych prac reprezentują różne ośrodki: Warszawa (27%), Kraków (17%), Wrocław (12%), Gdańsk (10%), Poznań (10%), Opole (10%), Koszalin (7%), Katowice i Gliwice (7%).

Obrady Sympozjum otworzył prof. dr A. SAWCZUK podkreślając wielorakość oddziaływań mechaniki komputerowej. Dzięki komputerom zaawansowana mechanika przenika w technologię; odpowiednio unowocześnione powinny być programy nauczania. Podkreślił on również, że pojawienie się komputerów wprowadza istotną zmianę do mechaniki. Maszyny liczące wymagają innej morfologii teorii. Nie należy traktować tych maszyn tylko jako urządzenia do szybkiego wykonywania rachunków. Rozwijając mechanikę komputerową nie można jednak zapominać o utrzymaniu właściwych proporcji pomiędzy metodami analitycznymi a numerycznymi. W zakończeniu wystąpienia prof. dr A. SAWCZUK odczytał list wiceprezesa PAN, prof. dra W. NOWACKIEGO. List ten, skierowany do uczestników sympozjum, zawiera m.in. następujące stwierdzenia: *...w miarę rozwoju elektronicznej techniki obliczeniowej konstruktorzy, uwolnieni od nadmiaru pracy rachunkowej, będą mogli skupić się na pracy koncepcyjnej związanej przede wszystkim z optymalizacją konstrukcji, ...łatwo przewidzieć, że znacznie szersze zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej zezwoli na obliczanie konstrukcji jako układów przestrzennych, ...wzrastać będzie zainteresowanie zagadnieniami dynamicznymi, a zwłaszcza dynamiczną statecznością, ...przewidywać należy wielki rozwój teorii dźwigarów powierzchniowych, ...mechanika budowl, po latach zastoju, staje się znowu nauką szybko się rozwijającą...*

Obrady sympozjum zapoczątkowały dwa referaty generalne. Pierwszy z referatów, opracowany przez J. SZMELTERA, Z. WASZCZYSZYNA i K. WRZEŚNIEWSKIEGO, zawierał omówienie metod matematycznych stosowanych w obliczeniach konstrukcji. W imieniu autorów wystąpił Z. WASZCZYSZYN. Przedstawił on analizę procesu projektowania konstrukcji oraz klasyfikację metod matematycznych i omówił szczegółowo te etapy procesu projektowania, które stosunkowo łatwo można zautomatyzować, mianowicie analizę ukła-

dów i optymalizację rozwiązań konstrukcyjnych. Referat zawierał szeroki przegląd metod matematycznych w ich historycznym rozwoju. Szczególny nacisk położono na przedstawienie istoty i cech charakterystycznych metod znajdujących zastosowanie w elektronicznej technice obliczeniowej.

W drugim referacie generalnym, którego autorami byli Z. LEŚNIAK i G. RAKOWSKI, omówiony został stan aktualny i kierunki badań oraz podstawowe problemy mechaniki komputerowej w Polsce. G. RAKOWSKI omówił problematykę dotyczącą analizy konstrukcji, syntezy konstrukcji i symulacji. Przedstawił on aktualną sytuację w kraju (problematyka, metody, języki programowania, sprzęt, potencjał badawczy, osiągnięte wyniki, formy szkolenia) na tle osiągnięć mechaniki komputerowej za granicą. Z referatu wynika, że w zakresie zastosowań mechaniki komputerowej do analizy konstrukcji w stosunku do krajów produkujących jesteśmy opóźnieni o około 10 lat. Rozwój metod komputerowych w syntezie konstrukcji i symulacji jest również niezadawalający. Wnioski końcowe referatu zawierają szczegółowe omówienie i uzasadnienie proponowanych kierunków badań w zakresie mechaniki komputerowej oraz wytyczne działania zmierzającego do zmniejszenia dystansu dzielącego nas od czołówki światowej. Realizacja tych wniosków gwarantuje stworzenie odpowiedniej bazy, co — zdaniem autorów referatu — umożliwi w stosunkowo krótkim okresie czasu zajęcie w wybranych, niezamkniętych jeszcze, kierunkach badań czołowych pozycji w świecie.

Referaty generalne były głębokie i pobudzające do refleksji, a wnioski i myśli w nich zawarte wielokrotnie przewijały się w trakcie dalszych dyskusji.

Pierwsze posiedzenie, któremu przewodniczył prof. dr G. RAKOWSKI, rozpoczęło się od referatu T. NAWROTA na temat wdrażania elektronicznej techniki obliczeniowej w praktyce inżynierskiej. Referat postuluje wprowadzenie na wszystkich szczeblach szkolenia obowiązku rozwiązywania problemów w formie algorytmów postępowania. Następnie S. ŚWISZCZOWSKI przedstawił koncepcję metody modyfikacji konstrukcji, której celem jest zmniejszenie czasu i kosztów obliczeń konstrukcji o identycznej topologii. Referat Z. BOROWCA zawierał omówienie teorii równoważności. Teoria ta, wywodząca się z Francji, znacznie skraca czas pracy maszyny kosztem niewielkiego zmniejszenia dokładności obliczeń. E. GAWRYCH-ŻUKOWSKI przedstawił metodę podziału na podukłady do analizy dużych konstrukcji przestrzennych na elektronicznej maszynie cyfrowej. O. MATEJA omówił dotychczasowy rozwój wiedzy w zakresie metody macierzy przeniesienia. J. WILK przedstawił zbiorczy algorytm obliczeń dla wiotkich powłok obrotowo-symetrycznych przy odkształceniach skończonych. Opracowany program umożliwia optymalizację konstrukcji. Zastosowanie metody elementów skończonych do analizy skręcanego pręta cienkościennego o zmiennym przekroju poprzecznym omówił J. WEKEZER.

W dyskusji nad referatami pierwszego posiedzenia największe zainteresowanie budziła metoda równoważności (istota metody, porównanie z metodą elementów skończonych, zalety i wady metody).

Drugiemu posiedzeniu przewodniczył doc. dr M. KWIECIŃSKI. Wysłuchano interesującego referatu D. ROGULI, który przedstawił oryginalną metodę obliczania konstrukcji płaskich i przestrzennych, złożonych z wielkiej liczby elementów. Istotną nowością metody jest rezygnacja z metod macierzowych na rzecz metody modelowania cyfrowego, która polega na bezpośrednim wykorzystaniu topologiczno-algebraicznej relacji przylegania. W następnym referacie W. WOJEWÓDZKI rozpatrzył dynamiczne wyboczenie lepkoelastycznych i sprężystoelastycznych powłok kulistych. Specjalnie opracowany program pozwolił wykonać odpowiednie obliczenia numeryczne. E. FILIPOW przedstawiła sposób modelowania na maszynie cyfrowej losowych odchyłek od przyjętej geometrii w zbiornikach walcowych. Analizę oparto o rozważania statystyczne i dane technologiczne. W referatach J. FILIPKOWSKIEGO i SZ. PAŁOWSKIEGO oraz J. FILIPKOWSKIEGO i H. MARKOWSKIEGO przedstawiono analizę statyczną belki na sprężystych podporach i niejednorodnym sprężystym podłożu oraz analizę statyczną przestrzennej konstrukcji pokrycia dachowego sztucznego lodowiska w Bydgoszczy. Rozwiązania tych zadań uzyskane zostały za pomocą metody elementów skończonych.

Dyskusja nad referatami koncentrowała się na metodzie przedstawionej przez D. ROGULĘ. Metoda ta stała się przedmiotem zainteresowania nieomal wszystkich dyskutantów (możliwość obliczania dużych konstrukcji, nieliniowych fizycznie i geometrycznie).

Następnemu posiedzeniu przewodniczył prof. dr O. DĄBROWSKI. Pierwszy referat wygłosił O. MATEJA, który przedstawił zastosowanie metody elementów skończonych w ujęciu metody sił do analizy statycznej liniowo-sprężystych cienkich powłok obrotowych spoczywających na dwuparametrowym podłożu Winklera. Referat, którego autorami byli J. GOŁAŚ i Z. KASPERSKI, zawierał analizę numeryczną powłok obrotowo-

wych opartą na metodzie elementów skończonych. Dzięki odpowiedniej konstrukcji programu czas obliczeń jest niewielki. Wyniki obliczeń porównano z wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu metody sił. Algorytm analizy statycznej płyt dla maszyn cyfrowych o niedużej pamięci przy użyciu metody elementów skończonych omówiono w referacie A. PEER-KASPERSKIEJ, Z. KASPERSKIEGO, J. GOŁASIA i J. MAKOWSKIEGO. I. KOZŁOWSKI przedstawił model obliczeniowy drgań ram przestrzennych uzyskany w oparciu o metodę sztywnych elementów skończonych. Dalsze zastosowania metody sztywnych elementów skończonych zawierały referaty S. GRABOWSKIEGO i E. WITTBRODTA oraz E. WITTBRODTA i J. KRUSZEWSKIEGO. Pierwszy z referatów omawia zmodyfikowaną metodę Gaussa zastosowaną do rozwiązywania równań drgań wymuszonych, drugi — algorytm obliczeń tłumionych drgań wymuszonych obciążeniami okresowymi. Z. LIS przedstawił sposób obliczania tarcz usztywniających w budynkach wysokich, oparty na metodzie pasm skończonych. Sposób ten w porównaniu do klasycznej metody elementów skończonych pozwala znacznie zmniejszyć liczbę elementów i czas pracy maszyny. Referat A. OLEŚNIEWICZA zawiera analizę strefy podporowej dźwigarów strunobetonowych. Wykorzystano program opracowany przez J. SZMELTERA dla płaskiego stanu naprężenia.

Największym zainteresowaniem dyskutantów cieszyły się referaty omawiające zastosowanie metody sztywnych elementów skończonych do analizy drgań oraz referat o tarczach usztywniających w budynkach wysokich.

Ostatnie posiedzenie, któremu przewodniczył prof. dr A. SAWCZUK, rozpoczęło się referatem K. WRZEŚNIEWSKIEGO, P. RAPPA i J. WADOWICKIEGO. Autorzy tego referatu omówili 4 procedury obliczania modelu różniczkowego konstrukcji usztywniających w budynkach wysokich. Dzięki specjalnie zbudowanemu programowi uzyskano znaczne zmniejszenie pracochłonności przy opracowywaniu danych wejściowych. Z. WASZCZYŹYNA przedstawił numeryczną analizę niesymetrycznego wybożenia sprężystych płyt pierścieniowych. Analizę przeprowadzono metodą półdwrotną zamieniając zagadnienia brzegowe na początkowe. Obciążenie krytyczne oblicza się za pomocą całkowicie zautomatyzowanego programu. Referat M. RADWAŃSKIEJ zawiera obliczenie przemieszczeń w stanie pokrytycznym wybożonej niesymetrycznie płyty pierścieniowej. Problem sformułowano na gruncie teorii Kármána. Do całkowania układu czterech nieliniowych równań przemieszczeniowych zastosowano metodę półdwrotną zaproponowaną przez Z. WASZCZYŹYNA. S. KROCZAK omówił bezpośrednio całkowanie układu sześciu liniowych równań różniczkowych o zmiennych współczynnikach dla danego zagadnienia brzegowego za pomocą metody różnic skończonych. Równania opisują zachowanie się powłoki stożkowej spoczywającej na podłożu sprężystym. Dla przedstawionego algorytmu obliczeń ułożono program w języku Algol 1204 i wykonano obliczenia dla kilku przykładów. W następnym referacie W. GAMBIN i J. SOKÓŁ-SUPEL przedstawili analizę stanów granicznych ram płaskich. Opracowany program służy do projektowania ram sprężysto-plastycznych przy pominięciu wpływu sił podłużnych. A. GOMUŁIŃSKI, A. RADWAŃSKI i M. WITKOWSKI zaprezentowali analizę statyczną struktury kratowej. Konstrukcję prętową aproksymowano ciągłym modelem płyty Reissnera. Wprowadzenie funkcji przemieszczeń pozwoliło na kilkakrotne zmniejszenie liczby równań w porównaniu z metodą przemieszczeń stosowaną dla ustrojów prętowych. Rozwiązanie układu równań różniczkowych przy danych warunkach brzegowych rozwiązano za pomocą metody różnic skończonych. Program napisano w języku Algol 1204. Ostatni referat sympozjum wygłosił A. GARSTECKI. Referat ten zawiera analizę przestrzenną utraty stateczności cienkościennych belek ciągłych. Rozwiązanie uzyskano stosując pewną metodę pośrednią między metodą Bubnowa-Galerkina a metodą podobszarów. Całość obliczeń zaprogramowano na maszynie Odra 1204.

Dyskusja nad ostatnią grupą referatów dotyczyła przede wszystkim pracy, w której konstrukcję prętową aproksymowano ciągłym modelem płyty o średniej grubości. Koncepcja takiego uproszczenia, zdaniem dyskutantów, jest godna stosowania.

Specjalne posiedzenie poświęcono na dyskusję ogólną, którą prowadził prof. dr J. SZMELTER. W dyskusji poruszane były dwa zasadnicze problemy: problem wzajemnej informacji w zakresie mechaniki komputerowej i problem szkolenia komputerowego. Wypowiedź dra T. NAWROTA dotyczyła wzrostu wydajności biur projektowych drogą komputeryzacji. Okazało się, że w chwili obecnej (brak odpowiedniego sprzętu) tylko 8—10% prac można objąć komputeryzacją (obliczenia konstrukcji). Dyskutant postulował, by skoncentrować się na wpajaniu inżynierom i studentom wiedzy z zakresu algorytmów projektowania; jest celowe wydanie książki poświęconej tej problematyce. Potencjalnych autorów poprosił o zgłaszanie chęci współ-

pracy. Prof. dr K. WRZEŚNIEWSKI podkreślił konieczność szerszej informacji w biurach projektowych i zaproponował, by wszcząć starania o wprowadzenie zagadnień mechaniki komputerowej do problemu węzłowego. Następnym dyskutantem był prof. dr W. GUTKOWSKI, który występując w imieniu Wydziału IV PAN poinformował zebranych, że w opracowaniu jest projekt problemu węzłowego, obejmującego zagadnienia obliczeń wytrzymałościowych i optymalizacji konstrukcji maszynowych i budowlanych (analityczne i numeryczne metody obliczeń, modelowanie konstrukcji, badania materiałowe w stanach złożonych, normy, informacje o istniejących metodach i programach). Dyskutant zwrócił się z prośbą o zgłaszanie tematów, które mogłyby wejść do problemu węzłowego. Propozycje doc. dra J. ORKISZA były następujące: utworzyć nowy dwumiesięcznik o roboczym tytule „Mechanika komputerowa”, zdecydować się na wybór tylko dwóch języków (Algol, Fortran), importować z zagranicy gotowe programy, opracować optymalne programy dla najczęściej spotykanych problemów, systematycznie organizować konferencje o zasięgu ogólnokrajowym, poświęcone zastosowaniom maszyn matematycznych w obliczeniach konstrukcji. Wyowiedź prof. dra G. RAKOWSKIEGO dotyczyła problemów szkolenia. Na wydziałach budowlanych politechnik szkolenie należy rozpocząć od zastosowań rachunku macierzowego i metody elementów skończonych, w przedmiocie «Mechanika budowli».

Przedstawicielka Centrum Informatyki Przemysłu Budowlanego dr B. ORŁOWSKA, postulowała w odniesieniu do dużych problemów konstrukcyjnych (duża czasochłonność prac programowych) przygotowywanie programów obliczeń z wyprzedzeniem w stosunku do aktualnych potrzeb. Doc. dr Z. WASZCZYŹYŃ stwierdził, że na przeszkodzie komputeryzacji stoi bariera sprzętowa (automatyzacja wykonania dokumentacji projektowej). Wyniki szkolenia studentów w zakresie przedmiotu «Mechanika budowli» należy wykorzystywać w innych przedmiotach. Dr W. GAMBIN proponował, by poza programowaniem i kodowaniem zwrócić również uwagę na modelowanie i algorytmizację. Prof. dr J. SZMELTER poddał myśl, by naukę języków i programowania przerzucić do szkół średnich, co przy odpowiedniej liczbie maszyn w uczelniach wyższych pozwoliłoby na swobodne stosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej w procesie dydaktycznym. Przedstawiciel biura projektów inż. ZIENKIEWICZ wyraził pogląd, iż zaufanie do wyników obliczeń na maszynach matematycznych wzrośnie, gdy wprowadzi się sprawdzanie obliczeń za pomocą specjalnych programów. Konieczne jest wydanie katalogu aktualnych programów.

W podsumowaniu prof. dr J. SZMELTER sprecyzował główne postulaty dyskusji ogólnej, mianowicie:

1) utworzyć nowy dwumiesięcznik o tytule roboczym «Mechanika komputerowa», zawierający najnowsze wyniki prac badawczych, kronikę prac, informacje o badaniach i programach zagranicznych, informacje o konferencjach,

2) zdecydować się na dwa języki: Algol i Fortran,

3) rozpocząć intensywne szkolenie w zakresie metod komputerowych na studiach technicznych, a może nawet w szkole średniej.

Zadaniem Sekcji Mechaniki Konstrukcji KILiW PAN jest doprowadzenie do tego, aby wnioski z dyskusji ogólnej były zrealizowane.

Zamknięcia obrad dokonał prof. dr A. SAWCZUK. Wyraził on pogląd, że zasadniczy cel sympozjum został osiągnięty: uzyskano informacje o tematyce badań w różnych ośrodkach, o stosowanych modelach matematycznych i mechanicznych, o stosowanych dyskretyzacjach, o uzyskanych rozwiązaniach oraz o zasięgu przenikania mechaniki komputerowej do biur projektowych. Przedstawiono oryginalną koncepcję obliczania konstrukcji złożonych z dużej liczby elementów. Podano pewne wartościowe rozwiązania techniczne (badania powłok, metoda sztywnych elementów skończonych). Szczególnie owocna była dyskusja ogólna, w wyniku której stwierdzono konieczność bieżącej informacji i utworzenia nowego pisma poświęconego mechanice komputerowej. Jednocześnie prof. A. SAWCZUK zwrócił uwagę na pewne niedociągnięcia sympozjum, mianowicie:

— brak referatów teoretycznych na temat matematycznej dyskretyzacji (aktualnie stwierdza się dużą dowolność i różnorodność stosowanych sposobów dyskretyzacji),

— niedobór referatów poświęconych optymalizacji programów i konstrukcji,

— niewielka liczba referatów dotyczących problemów nieliniowych fizycznie i geometrycznie.

Sympozjum w Poznaniu było platformą wymiany myśli między przedstawicielami wyższych uczelni i instytutów naukowych a przedstawicielami biur projektów i ośrodków obliczeniowych. Ogólna liczba dyskutantów (54) świadczy o dużym zainteresowaniu problematyką konferencji. Mimo dosyć dużego

zróznicowania referatów z punktu widzenia tematyki i metod obliczeniowych stwierdzić można zarysowującą się powoli specjalizację ośrodków (grupa SZMELTERA, grupa krakowska). Wydaje się, że zastosowanie komputerów stwarza szanse dynamicznego rozwoju metod dyskretnych w mechanice. Przeciętny niski wiek autorów referatów pozwala realnie myśleć o szybkim rozwoju badań i zastosowań elektronicznej techniki obliczeniowej w mechanice konstrukcji.

Sympozjum poznańskie miało jeszcze jeden aspekt: zasygnalizowało konieczność zmodyfikowania sposobu myślenia przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań mechaniki konstrukcji. Problematyka ta przewijała się niejednokrotnie w dyskusjach ogólnych i kularowych.

A. Gawęcki (Poznań)
B. Orłowska (Warszawa)

III POLSKO-RADZIECKA KONFERENCJA NIEKLASYCZNE ZAGADNIENIA TEORII SPRĘŻYSTOŚCI

Pod tradycyjną nazwą odbyła się w Warszawie, w dniach 22—25 maja 1973 r., trzecia dwustronna konferencja polsko-ukraińska, poświęcona nieklasycznym zagadnieniom w mechanice ciała stałego, będącym przedmiotem badań w ośrodkach naukowych w Ukraińskiej Socjalistycznej Republice Radzieckiej i Polsce. Uczestnikami Konferencji byli pracownicy Instytutu Mechaniki AN USRR i Instytutu Problemów Wytrzymałości AN USRR w Kijowie oraz przedstawiciele 5 ośrodków naukowych w Polsce. Wygłoszono 26 referatów 37 autorów, w tym 12 referatów gości radzieckich, 6 referatów wygłoszili pracownicy Uniwersytetu Warszawskiego, po 2 pracownicy Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN, Wojskowej Akademii Technicznej i Politechniki Poznańskiej, po jednym przedstawiciel Politechniki Krakowskiej, Gdańskiej i Wrocławskiej. W obradach Konferencji uczestniczyło około 70 osób. Dyskusja po wykładach była ożywiona, zanotowano ponad sto pytań i wypowiedzi dyskusyjnych, a sama dyskusja zajęła więcej niż czwartą część czasu obrad. Tematyka Konferencji była różnorodna, autorzy prac przedstawianych na obradach rozpatrywali wpływ różnych własności materiałów na stan naprężenia i odkształcenia, mianowicie sprężystych, plastycznych, lepkosprężystych, mikropolarnych i anizotropowych. Rozpatrywano wpływy pola temperatury, elektrycznego i magnetycznego, zagadnienia dotyczące ośrodków złożonych, ośrodków z więzami, materiałów wielofazowych, ośrodków z mikrostrukturą, zagadnienia rozprzestrzeniania się fal, zagadnienia szczelin, stochastyczne, płyt i powłok, dwie prace dotyczyły zagadnień doświadczalnych. W porównaniu z poprzednią Konferencją w Kijowie i Pierwszą Konferencją w Warszawie znacznie rozszerzyła się tematyka przedstawianych prac, może nawet nadmiernie.

Uczestnicy Konferencji, w toku obrad i podczas zakończenia Konferencji wypowiadali się za kontynuacją podobnych dwustronnych konferencji w przyszłości i za rozszerzeniem współpracy na mniej oficjalne konsultacje, wymianę profesorów i młodszych pracowników nauki oraz zastanawiali się nad możliwością prowadzenia wspólnych badań naukowych zakończonych wspólnymi publikacjami.

W trzecim dniu Konferencji duża część jej uczestników zwiedziła Toruń, włącznie z nowo wzniesionym Uniwersytetem i Płock. Poniżej podajemy, w porządku alfabetycznym, spis wygłoszonych referatów:

1. Ł. P. CHOROSZUN (Kijów), *Pewne zagadnienia mechaniki układów wielofazowych*,
2. F. CHWALCZYK, J. RAFA, E. WŁODARCZYK (Warszawa WAT), *Dwuwymiarowe fale naprężenia w sprężysto-lepkiej półprzestrzeni wymuszone ruchomym obciążeniem*,
3. W. DUDZIAK (Pol. Poznańska), *Plaskie zagadnienie termodyfuzji w ciele stałym*,
4. J. DYSZLEWICZ, S. MATYSIAK (Pol. Wrocl., Uniw. Warsz.), *Osobliwość naprężeń siłowych i momentowych w ośrodku mikropolarnym*,
5. A. GAŁKA (Warszawa, UW), *Powłoki jako ciała sprężyste z więzami*,
6. M. E. GARF, I. I. ISZCZENKO (Kijów), *Badania zmęczeniowe materiałów i konstrukcji przy programowanym obciążeniu*,
7. J. GRABACKI, G. SZEFER (Pol. Krak.), *Uogólnione rozwiązania dla pasma płytowego na podporze liniowej*,

8. JA. M. GRIGORENKO, A. T. WASILENKO, N. D. PANKRATOWA (Kijów), *Badania wpływu efektu odkształceń poprzecznych w niejednorodnych powłokach anizotropowych*,
9. W. T. GRINCZENKO, A. F. ULITKO (Kijów), *Drgania ciał sprężystych z materiałów z piezoe efektem*,
10. A. A. KAMINSKIJ (Kijów), *O zniszczeniu dwuwymiarowych ciał kruchych w otoczeniu otworów*,
11. N. A. KILCZEWSKIJ (Kijów), *Termomechaniczne i elektromechaniczne zjawiska towarzyszące zderzeniom twardych ciał odkształcalnych*,
12. W. O. KONONIENKO, M. I. WOROTNIKOWA (Kijów), *Wzajemne oddziaływanie fali uderzeniowej i walca w wodzie*,
13. E. KOSSECKA (Warszawa, IPPT), *Osobliwe deformacje wstępne*,
14. A. D. KOWALENKO, W. G. KARNAUCHOW, W. I. KOZŁOW (Kijów), *Dynamiczne zagadnienia termolepkosprężystości*,
15. W. KUFEL (Warszawa, UW), *Dyskretyzowane ciała sprężyste*,
16. W. A. KUZMIENKO (Kijów), *O wpływie rodzaju stanu naprężenia na odkształceniowe wzmocnienie materiałów konstrukcyjnych*,
17. W. NOWACKI (Warszawa, UW), *Zagadnienia dystorsji w ośrodku mikropolarnym*,
18. Z. OLESIAK (Warszawa, UW), *Inkluzje w ośrodku sprężystym i sprężysto-plastycznym*,
19. JA. JA. RUSZCZYCKIJ (Kijów), *O rozwiązaniu typu Papkowicza-Neubera w zagadnieniach mechaniki ośrodków wieloskładnikowych*,
20. CZ. RYMARZ (Warszawa, WAT), *Problemy brzegowe nielokalnej teorii sprężystości*,
21. J. STEFANIAK (Pol. Poznańska), *Plaskie źródło dylatacji w przypadku działania pola magnetycznego*,
22. JU. N. SZEWCZENKO (Kijów), *Zagadnienia termoplastyczności*,
23. A. TRZĘSOWSKI (Warszawa, IPPT), *Wpływ liniowych charakterystyk mikrostruktury na naprężenia I rodzaju*,
24. G. A. WAN FO FY (Kijów), *Zmodyfikowane modele w teorii ośrodków złożonych*,
25. P. WILDE (Pol. Gdańska), *Duże odkształcenia makrojednorodne w ośrodku sprężystym o losowych niejednorodnościach*,
26. CZ. WOŹNIAK (Warszawa, UW), *Podstawy teorii ciał sprężystych z więzami*.

Dla potrzeb uczestników Konferencji wydano w języku polskim i rosyjskim streszczenia referatów i program obrad.

Z. Olesiak (Warszawa)

V SYMPOZJON POŚWIĘCONY REOLOGII Wrocław, 1—2 grudnia 1972 r.

Na V Sympozjonie poświęconym reologii, zorganizowanym przez Oddział Wrocławski Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej w dniach 1—2 grudnia 1972 r., wygłoszono następujące referaty generalne:

1. Reologia metali i polimerów — prof. dr J. Zawadzki,
2. Reologia betonu — prof. dr A. Mitzel,
3. Reologia gruntów — prof. dr S. Dmitruk,
4. Zagadnienia ogólne reologii — prof. dr O. Dąbrowski.

Pełne teksty referatów generalnych zamieszczamy w niniejszym Biuletynie.

REOLOGIA METALI I POLIMERÓW*)

JERZY ZAWADZKI (WROCLAW)

Podstawowym celem II Kongresu Nauki Polskiej jest jej przyszłość i rozwój w najbliższym 10—15-leciu. W takim też ujęciu zostały opracowane referaty poszczególnych sekcji i komisji [3]. W ramach prac Podsekcji Mechaniki Ciała Stałego ważne i istotne fragmenty referatu stanowią również problemy reologii i wyteżenia metali i polimerów.

Takie też miejsce zajmują te zagadnienia w opracowaniu I. Kisiela, poświęconym rozwojowi reologii w Polsce w pierwszym dziesięcioleciu istnienia PTMTiS (1958—1968), opublikowanym w MTiS [1]. Na podkreślenie zasługują tu również dwa obszernie fragmenty pracy W. NOWACKIEGO na temat *Kierunki rozwojowe i zadania badawcze w dziedzinie mechaniki ciała stałego* — opublikowanej również w wydawnictwie MTiS [2]:

...7. *Badania reologiczne. Mam tu na myśli przede wszystkim prace doświadczalne, dotyczące polimerów i gruntów oraz znanych materiałów konstrukcyjnych, takich jak stal i beton. Chodzi o to, aby uzyskać dane doświadczalne z pierwszej ręki. Prace teoretyczne polegałyby na tworzeniu nowych modeli, głównie nieliniowych, opisujących zachowanie się pewnych klas materiałów ...*

...*Istnieje wreszcie konieczność znacznego rozszerzenia badań w dziedzinie termodynamiki procesów nieodwracalnych jako koniecznej wspólnej bazy przy tworzeniu szeregu teorii mechaniki ośrodków ciągłych, zarówno ciała stałego, jak i cieczy.*

Nasilenia wymagają wreszcie badania eksperymentalne, dotyczące zjawiska zmęczenia i mechanizmu pękania materiałów.

Przedstawiane na sympozjum prace — w szczególności w zakresie reologii metali i polimerów — stanowią przegląd wybranych prac naukowo-badawczych w tej dziedzinie trzech ośrodków: białostockiego, warszawskiego i wrocławskiego. Niestety, podobnie jak na poprzednim sympozjum, zabrakło wśród autorów referatów reprezentantów dwu równie aktywnych ośrodków, a to krakowskiego i poznańskiego. Podkreślam «wybranych», gdyż zgodnie z założeniami organizacyjnymi sympozjum, przedstawiane mogą być tylko prace dotychczas niepublikowane, a więc na ogół z ostatniego okresu działalności naukowo-badawczej cytowanych ośrodków, o których wiadomo, że efekty ich działalności publikacyjnej w okresie od poprzedniego sympozjum są bogatsze.

Komitet Organizacyjny przyjął, podobnie jak na IV Sympozjum, siedemnaście referatów z zakresu reologii metali i polimerów. Poszczególne ośrodki reprezentowane są przez:

Białystok — 6 autorów i 5 referatów

Warszawa — 6 autorów i 5 referatów,

Wrocław — 9 autorów (w tym jeden współautor z Łodzi) i 7 referatów.

W podziale na dziedziny, zagadnienia—rozwinęte i omówione w pracach przedstawionych na obecne sympozjum — różnią się nieco od zreferowanych na poprzednim. Nie są obecnie reprezentowane: reologiczne aspekty teorii plastyczności (2), metody optyczne w świetle spolaryzowanym (2), zagadnienia reostateczności przepływów (1).

Wzrosła natomiast liczba prac poświęconych pelzaniu przy zmiennych parametrach stanu i struktury (+2), problemom stabilizacji polimerów i kompozycji (+2), zagadnieniom relaksacyjnym (+4), a w szczególności — co należy uważać za zjawisko jak najbardziej pozytywne — zgłoszono 7 prac doty-

*) Referat generalny wygłoszony w dniu 1 grudnia 1972 r. we Wrocławiu na V Sympozjonie Reologii.

czących tworzyw warstwowych i zbrojonych. W innych dziedzinach występują wahania ∓ 1 . W ogólnym zestawieniu podział prac zgłoszonych na obecne sympozjum przedstawia się następująco:

pelzanie przy zmiennych parametrach stanu i struktury	7
zagadnienia wibropelzania	3
fizyko-strukturalne badania polimerów (dośw.-teoret.)	4
zagadnienia zmęczenia mechanicznego	3
zagadnienia stabilizacji polimerów i kompozycji	4
badania zjawisk relaksacyjnych	4
reostateczność struktur warstwowych zbrojonych	1
podstawowe własności mechaniczne i analiza odkształceń	2
kompozycje warstwowe wzmocnione-zbrojone	7

Jak łatwo zauważyć, większość z siedemnastu referatów obejmuje dwa z wydzielonych zagadnień.

W podziale na grupy materiałów 10 referatów poświęcono reologii polimerów i ich kompozycji, 4 metalem oraz 3 badaniom preszpanu transformatorowego.

Większość prac ma charakter doświadczalny o aspektach fenomenologicznych, aczkolwiek niektóre z nich powiązано również z analizą fizykalno-strukturalną badanych zjawisk reologicznych oraz z próbą zamodelowania procesów oraz opisu teoretycznego.

Prace ośrodka białostockiego

Dwie z prac przedstawionych przez ten ośrodek dotyczą «Badań wibropelzania przy zginaniu...» (A. JAKOŁLUK, B. KRUPICZ, M. ANISIMOWICZ) oraz «Badań wibropelzania przy ściskaniu laminatu epoksydowego» (A. JAKOŁLUK, J. KAHANE, B. KRUPICZ, M. ANISIMOWICZ).

Próbki przygotowano drogą obróbki mechanicznej z prętów wykonanych przez oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego Instytutu Elektrotechniki we Wrocławiu. Zbrojone tworzywo zawierało 23—25% żywicy «Epidian 5» oraz 75—77% włókna szklanego firmy «Gevetex» z trójetyleno-czterooaminą jako utwardzaczem. W obu pracach przeprowadzono próby w temperaturze $373 \pm 0,5$ K, częstotliwości 40 Hz oraz współczynnika amplitudy obciążeń $A = 0,20$ na bazie $5 \cdot 10^2$ cykli. W badaniach wykorzystano wibropelzarkę, stosowaną w innych pracach zespołu, odpowiednio zaadaptowaną do obu rodzajów obciążeń. W obu też przypadkach przeprowadzono badania na trzech poziomach naprężeń maksymalnych, a to: zginanie — 228, 264 i 300 MN/m², ściskanie — 31'8, 33'6 oraz 36'0 MN/m². Wyniki badań, opracowane statystycznie, przedstawiono w postaci odpowiednich wykresów krzywych wibropelzania w skali logarytmicznej. W oparciu o te wyniki opracowano równania prostych regresji dla przyjętych granicznych odkształceń (zginanie — $f/L = 0,5\%$, ściskanie — $\varepsilon = 0,75\%$) oraz granicy wibrowytrzymałości. Równania te określono w odpowiednich przedziałach N przy wysokiej wartości współczynnika korelacji; np. dla granicznych odkształceń przy ściskaniu $r = -0,962$. Równania wibrowytrzymałości przedstawiają się odpowiednio:

Zginanie — $R_z(373 \text{ K})_{0,2} = 493 - 61,071 \lg N \text{ MN/m}^2$ dla $10^3 < N < 2 \cdot 10^4$ cykli;

Ściskanie — $R_z(373 \text{ K})_{0,2} = 38,67 - 0,8439 \lg N \text{ MN/m}^2$ dla $N < 10^8$ cykli.

Wykazano, że przy zginaniu, przy przyjętym granicznym ugięciu, laminat odkształca się według innych praw powyżej $N = 2 \cdot 10^6$ cykli. Stwierdzono, że wibrowytrzymałość przy zginaniu jest około siedmiokrotnie wyższa niż przy ściskaniu, przy czym przy tym drugim obciążeniu zniszczenie występuje w wyniku ściskania przy odkształceniu pelzania około 0,1%.

Trzy następne prace zespołu, to: A. JAKOŁLUK, J. KOŁYBKO, *Wpływ stabilizacji na przebieg funkcji naprężenie-odkształcenie dla preszpanu zanurzonego w oleju*, A. JAKOŁLUK, J. KOŁYBKO, *Pelzanie preszpanu transformatorowego zanurzonego w oleju przy niestacjonarnych warunkach obciążeń*, M. CZECH, A. JAKOŁLUK, *Badanie relaksacji naprężeń preszpanu zanurzonego w oleju*.

Tworzywo to stosowane jest szeroko na przekładki, kołnierze i kliny w uzwojeniach transformatorów, pracujących w ośrodku olejowym. Brak jest na ogół odpowiednich badań podstawowych zjawisk reologicznych w trakcie pracy materiału przy niestacjonarnych warunkach obciążeń.

Przedstawione wyniki badań quasi-statycznych podstawowych własności i cech reologicznych preszpanu mają charakter prac wstępnych do obszerniejszych badań modułów dynamicznych tego materiału. Do

trzech rodzajów badań przy ściskaniu na odpowiednio zaadaptowanych pelzarkach z rewersorami — zastosowano jako próbki stopy 14 pierścieni z preszpanu ($g = 2$ mm, $D_z = 15$ mm, $D_w = 4,2$ mm) wykonanych na wykrojniku, suszonych przez 48 godzin w komorze próżniowej, a następnie nasyconych w oleju przez kilkanaście godzin w temperaturze 323 K. Próby przeprowadzono natomiast przy zanurzeniu w oleju przy temperaturze 295 ± 2 K i wilgotności $65 \pm 5\%$ w seriach o licznosci 8.

Przez stabilizację rozumieją autorzy powtarzanie cyklu obciążanie-odciążanie z prędkością $0,25$ MN m⁻²s⁻¹ o maksymalnym naprężeniu 30 MN/m², które spowodowało — ze wzrostem liczby cykli — zwięźnienie się pętli histerezy i asymptotyczne zdążanie obu gałęzi do jednakowej stałej wartości odkształcenia. W oparciu o dane statystyczne z pomiarów, w zakresie naprężeń $0,96 \div 29,98$ MN/m² otrzymano równania prostych w układzie logarytmicznym o określonych współczynnikach. Na tej podstawie dobrano funkcję $\sigma = f(\epsilon)$ w postaci $\sigma = A_n \epsilon^{B_n}$.

Próby pełzania przeprowadzono bez «stabilizacji wstępnej», wprowadzając natomiast naprężenie wstępne $0,12$ MN/m². Celem ich było zasadniczo sprawdzenie, czy badany materiał zachowuje się liniowo-lepko-sprężyste w sensie zasady Boltzmana. Zastosowano dwa programy obciążeń:

t	$t_1 - t_0 = 25$ h	$t_2 - t_1 = 50$ h	$t_3 - t_2 = 25$ h
a	$\sigma_1 = 30$ MN/m ²	$\sigma_2 = 10$ MN/m ²	$\sigma_3 = 0,12$ MN/m ²
b	$\sigma_1 = 30$ MN/m ²	$\sigma_2 = 20$ MN/m ²	$\sigma_3 = 0,12$ MN/m ²

przy czym oba powtarzano dla danej próby dwukrotnie, otrzymując wartości odkształceń: $\epsilon_{I/13} = 100$ h oraz $\epsilon_{II/13} = 100$ h.

Opracowanie statystyczne (próby o licznosci 8) z zastosowaniem testu t-Studenta na poziomie ufności $0,95$ wykazało, że wyniki spostrzeżeń ϵ_I mieszczą się w przedziale ufności wyników ϵ_{II} , co przyjęto jako dowód i hipotezę reologicznej liniowości badanego materiału.

W podobny sposób przeprowadzono również badania relaksacji naprężeń przy pięciu poziomach początkowych: $\sigma_0 = 5, 10, 15, 20$ i 25 MN/m², stosując serie prób o licznosci 6 z oceną rozrzutu wg. testu Dixona. Opracowanie statystyczne wyników badań doprowadziło do wyznaczenia równania prostej regresji w postaci

$$\sigma(t_1, \sigma_0) = \sigma_0(0,8129 - 0,06573 \lg t) \text{ MN/m}^2$$

w przedziale $0,017$ h $< t < 15$ h z ewentualną możliwością pewnej ekstrapolacji w górę.

Prace ośrodka warszawskiego

Koledzy z Instytutu Techniki Budowlanej przedstawili dwie prace dotyczące procesów reologicznych w metalach: M. KOSIOREK, *Metody badań relaksacji naprężeń w metalach*; M. KOSIOREK, W. ŁUKASIUŁ, *Badania pełzania i relaksacji naprężeń w stalach do konstrukcji sprężonych*.

Pierwsza z nich stanowi krótkie, ale interesujące studium na temat zjawisk relaksacyjnych i krytycznej analizy porównawczej metod badania tych procesów przy jednoosiowym lub quasi-jednoosiowym (np. liny) stanie naprężeń, w szczególności w zastosowaniu do cięgien konstrukcji sprężonych. Słusznie stwierdza Autor, że stosowana aparatura i metodyka winny być adekwatne do postawionego celu i zapewniać: 1) przebieg zjawiska zgodny z jego definicją fizyczną, 2) porównywalność wyników badań.

Po systematycznej klasyfikacji metod pomiaru i analizie ich dokładności — ze szczególnym uwzględnieniem metod i schematów aparatury, stosowanej w ITB — przedstawiono ostateczne wnioski, które w podsumowaniu sprowadzają się do stwierdzeń: a) omówione metody przedstawiają różne wartości w zależności od celu badania, b) ponieważ w większości eksperymentów zjawiska fizyczne są jedynie mniej lub bardziej ściśle modelowane, nie należy więc trudności związanych z pomiarami relaksacji naprężeń przeceniać, a jedynie stworzyć warunki porównywalności wyników badań, prowadzonych w różnych ośrodkach różnymi metodami.

Drugi z referatów stanowi fragment obszerniejszego opracowania poświęconego badaniom wpływu przeciążeń (instrukcje i normy zalecające 10% wstępne przeciążenia) na własności reologiczne stali o wysokiej wytrzymałości. W przedstawionych badaniach przyjęto zarówno dla drutów i lin (trzy produkcji krajowej, a trzy importowane: NRF, CSR, WRL) w próbach pełzania i relaksacji (naprężenie początkowe) naprężenia bliskie stosowanym w praktyce, tj. $0,7 R_m$, zaś przeciążano wstępnie do $0,8 R_m$, przy czym dla

opracowania statystycznego wyników badano serie o licznosci co najmniej $n = 3$. Próby przeprowadzono w temperaturze 293 ± 3 K na odpowiednio przystosowanych pelzarkach produkcji NRD w zakresie 1000 (a w nielicznych przypadkach 1500) godzin. Porównano różnice w wartościach umownej granicy plastyczności $R_{0,2}$, odkształceń i prędkości pelzania oraz intensywności relaksacji naprężeń w wyniku cytowanych wstępnych 10-minutowych przeciążeń, występujące na tle tychże wskaźników dla ciągnięć nieprzeciążanych. Ogólnie Autorzy stwierdzają, że przeciążenie wstępne powoduje w początkowym okresie zmniejszenie intensywności efektów reologicznych, natomiast negatywny jego wpływ przejawia się z upływem czasu (przynajmniej w zakresie stosowanego czasu trwania badań, tj. do 1500 godzin), a więc może być niekorzystny z punktu widzenia budownictwa. Wydaje się jednak, że należy zachować ostrożność przy uogólnianiu takich wniosków.

Praca S. OLCHELSKIEGO, *Pelzanie poliamidu w warunkach złożonej historii obciążenia*, stanowi interesujący przykład zastosowania koncepcji H. LEADERMANA, M. WARDA i E. ONATA, z wykorzystaniem aproksymacji proponowanych przez A. GREENA i R. RIVLINA wzgl. R. STAFFORDA ogólnego równania konstytutywnego dla materiałów fizykalnie nieliniowo-lepkosprężystych z zanikającą pamięcią, przy badaniach osiowego pelzania poliamidu T-27 przy 1,2 i 3-stopniowych programach obciążeń.

Badania przeprowadzono na pelzarce, zbudowanej według koncepcji autora, w temperaturze $296 \pm 0,2$ K, wilgotności 40—52%, na próbkach wiósekowych ($60 \times 10 \times 4$ mm³), wykonanych metodą wtryskową, przy czym dla statystycznego opracowania wyników stosowano serie o licznosci $n = 5$. Złożone programy obciążeń (o stopniach: $\sigma = 1'12, 2'24$ oraz $3'36$ kG/mm²) obejmowały pelzanie aktywne przy $\sigma = \text{const}$, nawrót oraz pelzanie dodatkowe przy dodatkowym obciążeniu, przy czym czas trwania 1-go stopnia obciążenia wynosił 1000 godz., zmian obciążenia zaś dokonywano w czasach $t_1 = 10$ i 100 godz. oraz $t_2 = 110$ i 200 godz.

Zasadniczym celem pracy była próba określenia odpowiednich funkcji materiałowych. Stosując cytowane koncepcje opisu fenomenologicznego oraz odpowiednie aproksymacje, udało się autorowi wyznaczyć — co zostało poprzedzone odpowiednią analizą dotychczasowych prób w tym zakresie — pewną liczbę funkcji materiałowych dla 1, 2 i 3-stopniowych programów obciążeń, np: dla 1 stopnia:

$$\varepsilon(t) = 0,0018 t^{0,389} \sigma_i + 0,0016 \sigma_i^3.$$

Ponadto wyniki badań wykazały nieliniowość tworzywa w temp. 296 K powyżej $\sigma = 1$ kG/mm² oraz efekt «umocnienia», co potwierdzają również prace naszego zespołu.

Tematem pracy S. OCHELSKIEGO i Z. ORŁOSIA, *Pelzanie stali żarowytrzymałej w podwyższonych temperaturach*, były badania stali zaworowej, zrealizowane na próbkach rozciąganych przy parametrach uwzględniających warunki pracy zaworów

T [K]	σ [kG/mm ²]
873	10, 20, 25 i 30
973	4, 7 i 10
1073	2'2, 4'2, 6, 8, 10

Badania podstawowe (E , $R_{0,02}$, $R_{0,2}$ oraz H_{RC}) wykazały dostateczną jednorodność materiału próbek. Próby pelzania przeprowadzono na pelzarce firmy L. Schopper z dodatkowymi urządzeniami pomiarowymi i kontrolnymi. Dla statystycznego opracowania wyników stosowano serie o licznosci $3 \leq n \leq 9$, czas zaś trwania próby wynosił od 100 do 5000 godzin.

Po przeanalizowaniu kształtów krzywych pelzania oraz prędkości pelzania stwierdzono występowanie trzeciego okresu pelzania, który zależy od parametrów badania, tj. T oraz σ .

Szczególnie wartościowe ze względów zastosowań konstrukcyjnych jest wyznaczenie umownej «czasowej granicy pelzania» (dla $\varepsilon_p = 1\%$) w funkcji temperatury.

Praca A. WILCZYŃSKIEGO i K. PUCIŁOWSKIEGO, *Długość krytyczna włókna wzmacniającego ośrodek lepkosprężysty* składa się z trzech zasadniczych części: 1. Ogólnego omówienia stanu badań i teorii kompozycji wzmocnionych ciętym i ciągłym włóknem szklanym. 2. Opisu znanych teorii wzmocnienia włóknem przy założeniu idealnie sprężystego materiału wiążącego, z wyznaczeniem długości krytycznej. 3. Własnych rozważań przy założeniu liniowo lepkosprężystych cech reologicznych materiałów wiążących.

W oparciu o przedstawione w poprzednich pracach koncepcje równań konstytutywnych dla materiałów liniowo lepkosprężystych autorzy proponują modyfikację oszacowania długości krytycznej włókna (wg teorii Outwatera, Rosena i Dowa) oraz przeprowadzają analizę zależności naprężenia w włóknach w funkcji

ich długości krytycznych i krytycznego udziału objętościowego. Autorzy wykazują ponadto, że np. dla termoplastycznych tworzyw wiążących (w porównaniu do liniowo sprężystych) długość krytyczna winna ulec zwiększeniu w granicach $73 \div 145\%$, przy czym istotną rolę odgrywa w tym przypadku G_{∞} i jego zależność od temperatury, a dla tworzyw polarnych również od wilgotności. Ogólnie stwierdzają Autorzy, że z punktu widzenia podstawowego mechanizmu wzmocnienia pożądana jest jak największa długość włókna w kompozycji.

Prace ośrodka wrocławskiego

Sześć z siedmiu referatów przedstawionych przez zespół, prezentujący wybrane prace w dziedzinie reologii i wyteżenia tworzyw, prowadzone w Instytucie Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej, stanowi kontynuację kompleksowych prac naukowo-badawczych, których poprzednie etapy zreferowaliśmy na IV sympozjum poświęconym reologii.

W pracy J. ZAWADZKIEGO i E. GROZIKA, *Ocena zjawisk «superpozycji» wpływu impulsów termicznych przy anizotermicznym pelzaniu poliamidu Tarlon XB*, przedstawiono analizę wybranych wyników badań w zakresie temperatur $T = 308 \div 338$ K i naprężeń $\sigma = 16 \div 31$ MN/m² — przedstawionych w poprzednich publikacjach. Stanowi ona podstawę odpowiedniej modyfikacji zasady dziedziczności Boltzmanna. Przeanalizowano i zbadano — z uwzględnieniem aspektów fizykalno-strukturalnych — przesunięcia funkcji jąder pelzania, spowodowane działaniem trójkątnych impulsów termicznych (wzgl. zastępczych prostokątnych: $T = 15$ K, $\Delta t = 15$ min) według programów:

1. pelzanie przy stałej temperaturze,
2. „ z impulsem termicznym $A(\tau_1^* - \tau_1)$,
3. „ z impulsem termicznym $B(\tau_2^* - \tau_2)$ przy czym $\tau_2 > \tau_1^*$,
4. „ z impulsami $A + B$.

Nie wnikając w szczegóły obszernej analizy i opisu fenomenologicznego badanych zjawisk reologicznych, wyeksponujemy w podsumowaniu, że pelzanie poliamidu po impulsie nie jest zgodne ani z teorią wzmocnienia, ani z teorią płynięcia. Oceniając wpływ impulsów termicznych na pelzanie poliamidu z praktycznego punktu widzenia, można stwierdzić, że chociaż impulsy termiczne powiększają wartość odkształcenia (zwłaszcza pierwszy), to jednak «przyłożenie» odpowiednio dobrane impulsu powoduje, iż poliamid staje się prawie nieczuły na ewentualne impulsy termiczne, jakie mogą wystąpić w czasie pracy.

Praca J. ZAWADZKIEGO i J. KALWAKA, *Oszacowanie parametru prognozującego intensywność rozwoju dekohezji zmęczeniowej polimerów przy wymuszeniach kinematycznych o stałej amplitudzie*, zawiera próbę teoretycznego opisu zjawisk relaksacyjnych zachodzących w polistyrenie wysokoudarowym KA w trakcie postępującego procesu zmęczeniowego w obszarze tworzącego się «węzła odkształceń trwałych».

Zasadnicze założenie opracowanej metody polegało na pomiarze odkształceń $\epsilon_m(t)$ w takiej odległości od tworzącego się «węzła», która zapewniałaby możliwość zastosowania równań fenomenologicznych dla modeli strukturalnych liniowej lepkość sprężystości.

W oparciu o analizę opracowanych statystycznie wyników badań w trzech temperaturach $T = 293, 303$ oraz 313 K dla sześciu wybranych charakterystyk cykli zmęczeniowych (od symetrycznego do asymetrycznego o charakterystyce $r = 0,43$ przy $y_m = 0 \div 18,75$ mm, $y_a = 6 \div 32$ mm) z częstotliwością 7 Hz, określono (z wyznaczeniem numerycznych wartości współczynników) funkcje prognozujące intensywność rozwoju złomu zmęczeniowego $\sigma(t)$, $\delta(t)$ oraz parametr k prognozujący stopień zużycia zmęczeniowego przy wymuszeniach kinematycznych okresowo zmiennych o stałej amplitudzie.

Opis fenomenologiczny i ocena reoefektów wibropelzania belek równomiernej wytrzymałości na zginanie z Metapleksu NO przedstawiony przez J. ZAWADZKIEGO i A. KANIĘ zawiera szczegółową analizę — z uwzględnieniem również aspektów fizykalno strukturalnych — zjawisk reologicznych towarzyszących cytanemu procesowi obciążania przy $\sigma_{m0} = 8,6$ MN/m², w zakresie częstotliwości $f = 0 \div 41,6$ Hz, w trzech temperaturach $T = 293, 303$ i 313 K oraz czasach trwania próby $t = 18 \cdot 10^3$ s.

Opracowanie statystyczne wyników badań, przeprowadzonych według ustalonego obszernego programu, oraz wspomniana analiza pozwoliła na sformułowanie wniosków, z których wyeksponujemy w szczególności: proces wibropelzania Metapleksu NO przebiega — dla $f = \text{const}$ i $T = \text{const}$ — przy stałych modu-

lach kinetycznych i praktycznie stałej prędkości $\dot{\epsilon}_m$, przy czym nałożenie wibracji o różnych częstotliwościach i różnych temperaturach wpływa na zróżnicowanie przyspieszenia procesu (f — różne, $T = \text{const}$) i ułożenie krzywych wibropełzania ($f = \text{const}$, T — różne). Reoefekty wibropełzania są wyraźnie zdeterminowane współczynnikiem amplitudy odkształceń $A\epsilon_0$, określającym «położenie układu» w stosunku do lokalnego rezonansu, tzn. im większy $A\epsilon_0$ tym wystąpią większe reoefekty, wzrastają również prędkości pełzania $\dot{\epsilon}_m$. Z praktycznego punktu widzenia nałożenie wibracji w procesie pełzania przyspiesza niekorzystne efekty reologiczne, a tym samym skraca okres pracy elementu wykonanego z badanego tworzywa.

W pracy przedstawiono również, w oparciu o analizę wyników badań, koncepcję sformułowania równań krzywych wibropełzania $\epsilon_m(t)$ dla danych częstotliwości i temperatur w oparciu o wyznaczone moduły kinetyczne.

J. ZAWADZKI i M. NOWAK w pracy *Analiza fizykalna fenomenologicznych aspektów zmęczenia poliamidu starzonego w różnych środowiskach* przedstawiają własne koncepcje wykorzystania w ocenie żywotności zmęczeniowej klasycznego już równania Arrheniusa-Boltzmanna. Oszacowuje ono «czas życia osiadłego» odpowiedniej jednostki kinetycznej w zależności od wysokości bariery ΔE energii aktywacji badanego procesu fizycznego. Przystosowanie tej dość elastycznej zależności dla oceny żywotności różnych elementów (np. próbek) przy różnych programach obciążania, w różnych temperaturach i w różnych stanach fizycznych tworzywa wymaga jednak szczególnie wnikliwej analizy fizykalno-strukturalnej badanego procesu.

W przypadku dowolnie programowanych zmian obciążeń i temperatur wprowadza się dla oceny żywotności tzw. kryterium J. Bailcya, opierające się na podobnych założeniach jak np. tzw. reguła Minera-Palmgrenna. Przedstawiając krytyczną próbę jego modyfikacji uwzględniono ponadto fizykalno-strukturalne aspekty starzenia i jego wpływ na odpowiednie wielkości występujące w proponowanej formule. Dotyczy to w szczególności «krytycznej bariery energetycznej» Φ_0 oraz «objętości jednostki kinetycznej» γ_0 . Autorzy wprowadzają również tzw. funkcję ryzyka, uwzględniającą «wagę» naprężeń niskich i wysokich oraz wpływ czasu trwania obciążenia, a też zakładają możliwość występowania tzw. «prógu czułości», odpowiadającego nieograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej. W opisie teoretycznym ocena żywotności sprowadza się do analizy całkowitego zapisu funkcji Bessela rzędu zerowego pierwszego rodzaju, z wykorzystaniem funkcji zmodyfikowanych.

Przedstawione rozważania, opierające się na fenomenologicznym uśrednieniu założeń fizykalno-strukturalnej teorii statystycznej, wykorzystują Autorzy do oceny porównawczej wpływu starzenia na ograniczoną wytrzymałość i żywotność zmęczeniową tworzywa.

Praca J. ZAWADZKIEGO i E. ŚWIĄTKA *Badania wstępne reostateczności prętów z tworzyw sztucznych zbrojonych WS* składa się z dwu zasadniczych części. W pierwszej przedstawiono charakterystykę badanego tworzywa (kompozycja Polimalu 109 z wzmocnieniem w postaci warstw tkaniny z włókna szklanego w ilości średnio wagowo 26%), opis zaprojektowanej i zastosowanej aparatury dla badania reostateczności prętów ($100 \times 10 \times 4 \text{ mm}^3$), metodykę rejestracji sił i odkształceń oraz wybrane wykresy z pomiarów (w trzech temperaturach: 293, 313 i 333 K) wyboczenia pełzającego w szerokim zakresie obciążeń (naprężeń), zależnych od temperatury badania. Za czas krytyczny przy wyboczeniu pełzającym przyjęto moment, w którym odkształcenia wzrastają gwałtownie, przy czym dla badanej kompozycji kryterium takie nie nastęczało trudności technicznych. W oparciu o serie prób w wysokiej liczności — ze względu na możliwość występowania dużych rozrzutów — opracowano metodami statystycznymi równania prostych regresji w układzie $(\sigma_k \div \ln \tau_k)_T$.

W części drugiej, analizując kształt cytowanych zależności $(\sigma_k \div \ln \tau_k)_T$, charakter mechanizmu rozwoju procesu dekohezji oraz wykorzystując, wspomnianą przy omawianiu poprzedniej pracy, elastyczność formuły Arrheniusa-Boltzmanna, autorzy przedstawili koncepcję przystosowania jej w sensie fenomenologicznym do oszacowania zależności czasów krytycznych od poziomu obciążenia. Autorzy wprowadzili do cytowanej zmodyfikowanej formuły tzw. funkcję ryzyka, uwzględniającą zarówno «próg czułości» układu na zaistniały bodziec termokinetyczny, jak też różną «wagę» względnej wartości tego bodźca w odniesieniu do jego wartości krytycznej — doraźnej.

A. WŁOCHOWICZ (Łódź) i M. NOWAK przedstawiają w pracy *Wpływ stabilizacji termicznej, starzenia i naprężeń zmiennych na strukturę submikroskopową poliamidu* etap drugi (końcowy) (pierwszy zreferowano na poprzednim IV sympozjum) badań strukturalnych, mających na celu ustalenie charakteru zmian

zachodzących w mikrostrukturze fizycznej poliamidu pod wpływem obciążeń zmiennych, czasu starzenia w różnych środowiskach oraz wpływu tych procesów na wytrzymałość zmęczeniową.

Stabilizację termiczną przeprowadzono na specjalnie zaprojektowanym do tego celu i wykonanym ZRW IMMT urządzeniu w oleju cylindrowym wg pięciu programów obróbki cieplnej z zastosowaniem temperatur $T = 443, 448$ i 463 K i różnych ciśnień do 200 at; 1/3 z ogólnej ilości próbek poddano oznaczeniu trwałości zmęczeniowej przy stałej amplitudzie naprężenia $\sigma_{\max} = \sigma_a = 187$ kG/cm² w temperaturze 298 K i częstotliwości 15 Hz, pozostałe zaś próbki przechowywano w klimacie laboratoryjnym (1/3) oraz w wodzie destylowanej (1/3) i zbadano na trwałość zmęczeniową po 4-ro miesięcznym starzeniu w tych ośrodkach.

Badania strukturalne przeprowadzono więc na preparatach wykonanych z wyprasek «dziewiczych» i zużonych oraz z próbek starzonych w powietrzu i w wodzie. Oznaczenia zawartości fazy krystalicznej przeprowadzono metodą Hermansa-Weidingera wielkości obszarów krystalicznych wg klasycznych formuł, oznaczenie zaś gęstości metodą gradientową według Tunga-Taylora, a na tej podstawie obliczono stopień krystaliczności.

Z przedstawionych przez Autorów obszernych pięciu wniosków wyeksponujemy niektóre, mianowicie: zawartość fazy krystalicznej maleje w próbkach stabilizowanych jedynie dla programu 463 K (1 h) 0 at. o około 11%, podobnie jak dla próbek starzonych w powietrzu, natomiast dla próbek starzonych w wodzie i w powietrzu oraz zużonych wzrasta o 4÷11%. Wymiary poprzeczne krystalitów ulegają, w wyniku zużycia, zmianom w kierunkach uprzywilejowanych w próbkach starzonych w wodzie, zaś w kierunku płaszczyzny (020) dla starzonych w powietrzu.

Z. GABRYSZEWSKI i C. WITKOWSKI przedstawili pracę *Mechaniczne własności żeliwa*. Aczkolwiek nie wiąże się ona bezpośrednio dość ściśle z głównym hasłem sympozjum «reologia», gdyż przedstawiono w niej wyniki pomiarów odkształceń i naprężeń w próbkach cienkościennych rurowych z żeliwa Z1 14 (przy pięciu programach obciążenia: rozciąganie osiowe, rozciąganie obwodowe, ściskanie osiowe, rozciąganie dwuosiowe i skręcanie), to jednak również i dla takiego tworzywa, jakim jest badane żeliwo w normalnej temperaturze, wyeksponują się przy powtórnych obciążeniach pewne efekty typu reologicznego, związane ze zmianami kształtu krzywych obciążenie—odkształcenie. W szczególności stwierdzono to dla dwu pierwszych programów obciążeń «prostowanie» się wykresów w zakresie większych obciążeń (naprężeń).

Autorzy wykazali ponadto silną zależność współczynnika przewężenia $\nu = \nu(\epsilon)$ od odkształcenia — zmniejszanie się przy rozciąganiu — co świadczy o nieliniowej zależności pomiędzy naprężeniem średnim i odkształceniem objętościowym, różnice w modułach Younga przy rozciąganiu i ścisnaniu, wreszcie oszacowali odkształcenie krytyczne wg. hipotezy złomu kruchego.

Cytowana literatura

1. J. KISIEL, *Rozwój reologii w Polsce w pierwszym dziesięcioleciu istnienia PTMTiS (1958—1968)*, Mech. Teor. i Stos., 3, 6 (1968).
2. W. NOWACKI, *Kierunki rozwojowe i zadania badawcze w dziedzinie mechaniki ciała stałego*, Mech. Teor. i Stos., 3, 6 (1968).
3. *Zadania sekcji, podsekcji i komisji II Kongresu Nauki Polskiej wynikające z uchwał i materiałów VI Zjazdu PZPR.*

Dyskusja

Dyskusji przewodniczył referent generalny prof. dr inż. Jerzy ZAWADZKI. W pierwszej części, poświęconej pytaniom i uwagom odnośnie poszczególnych referatów uczestniczyło 6 osób. J. ZAWADZKI — na tle referatu A. WILCZYŃSKIEGO i K. PUCIŁOWSKIEGO — przedstawił uwagi o wpływie współczynnika przewężenia na nośność kompozycji zbrojonej WS, prosząc autorów o ustosunkowanie się do tego zagadnienia np. w porównaniu z koncepcjami Rabinowicza i in. A. WILCZYŃSKI zwrócił się do autorów A. JAKOŁUKA i in. z prośbą o wyjaśnienie odnośnie przyjęcia tak wysokiego procentu zbrojenia. T. HOP ustosunkował

się krytycznie do terminologii, stosowanej w referatach zespołu z Białegostoku (A. JAKOWŁUK, B. KRUPICZ i in.), np. do definicji «wibrowytrzymałość» itp. Z. BYCHAWSKI przedstawił pewne uwagi odnośnie ścisłości sformułowań i założeń przyjętych w kilku referatach, prosząc autorów o wyjaśnienia. Z. ORŁOŚ zwrócił się do referenta z prośbą o wyjaśnienie, dlaczego łączy się na sympozjone problemy reologii metali i polimerów w jednym referacie generalnym. W wyniku ponownego wystąpienia T. HOPA w sprawie poprawności definicji, stosowanych w referatach zespołu z Białegostoku, wywiązała się dyskusja, w której uczestniczyli ponadto A. WILCZYŃSKI, A. JAKOWŁUK i Z. ORŁOŚ.

W drugiej części, poświęconej wystąpieniom autorów uczestniczyło 7 osób. A WILCZYŃSKI ustosunkował się do zagadnienia wpływu współczynnika przewężenia na nośność laminatów szklanych. L. BRUNARSKI przedstawił w uzupełnieniu referatów zespołu z ITB Warszawa (M. KOSIOREK i in.) dodatkowe wyniki badań własnych. B. KRUPICZ odpowiedział na pytania dyskutanta oraz przedstawił dodatkowe informacje o pracach naukowo-badawczych ośrodka białostockiego. S. OCHELSKI, E. GROZIK i J. ZAWADZKI ustosunkowali się do uwag dyskutanta, uzgadniając z nim swe poglądy. Z. GABRYSZEWSKI przedstawił, na propozycję J. ZAWADZKIEGO, dodatkowe uwagi odnośnie problemu rozszerzalności termicznej anizotropowych laminatów szklanych w oparciu o własne badania.

REOLOGIA BETONU*)

ADAM MITZEL (WROCLAW)

Celem referatu jest omówienie prac zamieszczonych w materiałach sympozjonu pod wspólną nazwą «Reologia Betonu» (s. 239—273). Zgrupowano w tym dziale 12 prac, z których tylko 10 zaliczyć można do zagadnień związanych bezpośrednio z reologią betonu. Jedna praca dotyczy bowiem wpływu podwyższonej temperatury na pełzanie cięgien sprężających i powinna się znaleźć w grupie prac objętych reologią metali i polimerów. Ze względu jednak na fakt, że zmienne warunki temperatury wywołane są niektórymi metodami przyspieszonego dojrzewania betonu, pracę zaszeregowano do reologii betonu.

Druga praca zajmująca się odkształcaniem betonów polimerowych, a więc odkształcaniem betonów, których pełzanie nie jest wywołane zachowaniem się w czasie zaczynu cementowego, powinna także być zamieszczona w grupie reologii polimerów.

Podział tych 12 prac według ośrodków jest następujący: Gliwice — 1 praca, Warszawa — 3 prace, Wrocław — 7 prac, Wrocław-Odesa — 1 praca.

Przed omówieniem poszczególnych prac przedstawiono krótki przegląd prac poświęconych reologii betonu, opublikowanych w okresie do ostatniego sympozjonu wrocławskiego (1969 r.).

Należy stwierdzić, że przez długi okres czasu ukazywały się drukiem liczne prace przyczynkowe z dziedziny reologii betonu o charakterze teoretycznym i doświadczalnym w czasopismach krajowych i zagranicznych, natomiast w ostatnich latach zanotować można pojawienie się na rynku księgarskim monografii obejmujących w pewnym sensie całość zagadnień związanych z reologią betonu. W roku 1970 została wydana książka A. M. NEVILLE (Uniwersytet Leeds, Anglia) pt.: *Creep of Concrete, Plain, Reinforced and Prestressed* oraz książka A. MITZELA pt.: *Reologia betonu*, wydana w 1972 r. (Wydawnictwo Arkady, Warszawa).

Mimo braku jeszcze wyników badań doświadczalnych szeregu zagadnień z zakresu reologii betonu, ukazanie się tych książek świadczy o potrzebie pewnej syntezy obecnego stanu wiedzy w tej dziedzinie.

Warto także podkreślić, że w roku 1969 odbyła się w Kijowie konferencja na temat pełzania i skurczu betonu, na której przedstawiono 43 referaty z całego Związku Radzieckiego. We wrześniu 1972 (4—8.IX) odbył się w Lionie (Francja) 6 Międzynarodowy Kongres Reologii o bardzo szerokiej tematyce, obejmującej, oprócz ogólnych zagadnień teoretycznych, także reologię różnych materiałów, m.in. metali, polimerów, farb, gruntów, betonu i innych. Interesującymi elementami programu są ponadto reoptyka i bioreologia.

W pierwszej z wymienionych konferencji godne podkreślenia są referaty, w których autorzy podejmują próbę wyjaśnienia pełzania i skurczu na gruncie zjawisk strukturalnych. W innej pracy przedstawiono próbę uściślenia współczynnika Poissona pełzania jako funkcji dwóch zmiennych (t , τ). Praca ta, jak też prace innych autorów (Leeds, Wrocław) wykazuje, że funkcja ta zależy na ogół od poziomu naprężenia i wieku betonu w chwili przyłożenia obciążenia i po pewnym okresie stabilizacji (50 do 70 dni), jest wartością stałą nieodbiegającą w zasadzie od wartości doraźnego współczynnika Poissona. Mimo że zagadnienie to nie jest jeszcze w pełni wyjaśnione, można już obecnie stwierdzić, że w problemach dwu- i trójosiowych przyjęcie współczynnika Poissona $\nu(t, \tau)$ jako uśrednionej wartości stałej niedaleko odbiega od rze-

*) Referat generalny wygłoszony w dniu 1 grudnia 1972 r. we Wrocławiu na V Sympozjonie Reologii.

czywistości. Takie założenie w dużym stopniu upraszcza ogólne równanie pelzania przy wieloosiowych stanach naprężenia.

Na wyniki badań przedstawionych na drugiej z wymienionych konferencji (Lion) trzeba będzie jeszcze poczekać, albowiem materiały są obecnie w druku w czasopiśmie «Reologica Acta» wydanym przez l'Association Rhône-Alpes (Francja)

Omawiając wieloosiowy stan naprężenia należy zwrócić uwagę na jeszcze jedno zagadnienie, które — mimo sporadycznie ukazujących się prac — nie znalazło jeszcze ostatecznego rozwiązania. Chodzi o miarę pelzania w dwuosiowym stanie naprężenia. Miara pelzania przy dwuosiowym stanie naprężenia nie może być zidentyfikowana z miarą pelzania stanu jednoosiowego. W oparciu o swoje badania, podobne zdanie wyraża A. M. NEVILLE. Stwierdzenie takie pociąga za sobą zmiany w równaniach (pelzania) dwuosiowego stanu naprężenia, w których wg Arutiuniana wystarczy wstawić do jądra równań całkowych Volterry funkcję reprezentującą miary pelzania jednoosiowego stanu. Popelniony błąd może — jak badania wstępne wykazują — dochodzić do 30%. Sprawa ta wymaga dalszych badań eksperymentalnych, które niestety nie należą do łatwych.

Z dalszych, dotąd niewyjaśnionych problemów, należy wymienić sprawę addytywności pelzania i skurczu betonu. Wspomniałem o tym w referacie generalnym na IV Sympozjone reologii w 1969 r. Zjawisko to jest nadal niewyjaśnione. W ostatnich 3 latach żadna praca na ten temat nie została opublikowana. Przyczyną tego stanu jest brak badań doświadczalnych i opracowań teoretycznych dotyczących zjawisk zachodzących w strukturze betonu.

Intensyfikacji badań eksperymentalnych i dociekań teoretycznych wymaga szereg zagadnień, między innymi:

- problemy wibropelzania ustrojów żelbetowych i sprężonych,
- naprężenia wywołane polem temperatury w betonowych konstrukcjach tarczowych, płytowych i łupinowych z uwzględnieniem skurczu i pelzania betonu,
- uwzględnienie nieliniowego pelzania betonu w zginanych elementach żelbetowych w stanie granicznym,
- problemy stateczności betonowych elementów prętowych i powierzchniowych z uwzględnieniem zjawisk reologicznych betonu.

Przystępując do omówienia poszczególnych referatów pozwolę sobie omówić je w kolejności, w które zostały wydrukowane w materiałach sympozjonu.

W pracy pt. *Pelzanie płyt żelbetowych o zmiennej sztywności* (L. BRUNARSKI, W. DESCOURS, s. 239) autorzy przedstawiają sposób uwzględnienia pelzania betonu przy obliczaniu ugięć prostokątnych płyt żelbetowych. Obliczenia oparte są na założeniu ciągłej zmiany sztywności, spowodowanej nierównomiernym zbrojeniem i zarysowaniem wg schematu podanego na rys. 1e (s. 241). Rozwiązanie numeryczne uzyskano przy zastosowaniu metody różnic skończonych. Celem sprawdzenia metody przeprowadzono pomiary ugięć stropu. Zgodność ugięć pomierzonych i obliczonych jest zadowalająca, bo nawet po 300 dniach różnica między wynikami obliczeń a ugięciami stwierdzonymi w naturze nie przekracza 10%.

Praca pt. *O obliczaniu ugięć żelbetowych płyt kołowsymetrycznych przy obciążeniu długotrwałym* (L. BRUNARSKI, S. ŻMIGRODZKI, s. 251) jest zastosowaniem do płyt kołowych równań podanych w poprzedniej pracy dla płyt prostokątnych.

Praca pt. *Odkształcenia betonów polimerowych pod obciążeniem długotrwałym* (T. HOP, s. 259) dotyczy ciekawego i z punktu widzenia praktyki ważnego problemu betonów składających się z różnych kompozycji żywicznych mieszanych z kruszywem jako wypełniaczem. Nasuwa się szereg pytań odnośnie sposobu wyznaczenia modułu sprężystości betonu oraz roli wilgotności względnej przy tego rodzaju betonach.

W pracy pt. *Funkcje liniowego i nieliniowego pelzania* (M. KŁAPOĆ, s. 275) autor zajmuje się zagadnieniem określenia granicy między tak zwanym pelzaniem liniowym i nieliniowym betonu. Propozycja autora polega na podaniu jednego wyrażenia opisującego przebieg odkształceń betonu przy długotrwałym obciążeniu w całym obszarze naprężeń od zera do «wytrzymałości długotrwałej».

Ze wzorów (34) podanych na s. 284 wynika, że dla obliczenia odkształcenia jednostkowego pelzania $\epsilon_p(\sigma, \tau, t)$ trzeba wyznaczyć w sposób eksperymentalny 5 parametrów (według teorii Arutiuniana). Odnośnie postaci funkcji (34), w której wykładnik potęgi jest $-\gamma/\sqrt{t-\tau}$ mam pewne wątpliwości, powstaną

bowiem trudności przy rozwiązywaniu równań całkowych, ponieważ wyrażenie $(1 - e^{-\gamma\sqrt{t-\tau}})$ jest częścią jądra równania całkowego Volterry.

Praca pt. *Wpływ podwyższonej temperatury na pelzanie ciągłen sprężających* (M. KOSIOREK, W. ŁUKASIAK, s. 291) dotyczy doświadczalnego określenia wpływu zmiennych warunków temperatur występujących przy stosowaniu niektórych metod przyspieszonego dojrzewania betonu na pelzanie ciągłen sprężających. Interesujący jest nagły wzrost prędkości odkształceń (pelzania) oraz szybki spadek prędkości odkształceń przy wzroście czasu trwania ogrzewania.

Pracę pt. *Pelzanie betonu w świetle parametrów technologicznych* (A. MITZEL, R. STUS, M. KŁAPOĆ, s. 303) oraz pracę pt. *Kształtowanie skurczu betonu* (R. STUS, A. MITZEL, M. KŁAPOĆ, W. RAWA, s. 363) można zaliczyć do zagadnień inżynierii materiałowej, zajmującej się komponowaniem lub wykonaniem materiałów o z góry ustalonych własnościach fizycznych lub chemicznych. W tym przypadku chodzi o własności reologiczne. Najważniejsze wnioski z obu prac są następujące:

— betony wykonane na cemencie portlandzkim wykazują mniejsze pelzanie niż analogiczne betony oparte na cemencie hutniczym,

— betony wykonane z cementów z dodatkiem gipsu dwuwodnego w ilości 3% do klinkieru wykazały najmniejsze pelzanie,

— dodatek kłutanitu (jako plastyfikatora) warunkujący polepszenie urabialności nie powoduje wzrostu odkształceń skurczowych.

W pracy pt. *Analityczne ujęcie odkształceń postaciowych betonu* (M. PERSONA, s. 317) na podstawie wyników własnych badań doświadczalnych autor przedstawia wyrażenia opisujące odkształcenia postaciowe doraźne i reologiczne betonu. Zaproponowane wzory składają się z części «liniowej» i «nieliniowej» (wzór (1), s. 318); parametry wchodzące w skład tych wzorów wyznaczono za pomocą maszyny analogowej. Mimo dobrej zgodności wyrażań analitycznych z wynikami empirycznymi istnieje obawa, że w konkretnych zadaniach nie można będzie z nich skorzystać (wzór (11), s. 322), zależności te mają bowiem te same mankamenty co wzór (34) i dalsze na s. 289 pracy M. KŁAPOCIA.

Praca pt. *Badania odkształceń betonu naparzanego przy obciążeniach długotrwałych* (M. PERSONA, A. DZIENDZIEL, s. 327) zawiera wyniki pomiaru odkształceń postaciowych uzyskanych na skręcanych elementach rurowych dla betonów naparzanych i nienaparzanych. We wnioskach autorzy stwierdzają, że wykresy odkształceń przy ściskaniu i ścinaniu są w całym obszarze naprężeń — krzywoliniowe, tak dla betonów nienaparzanych jak też naparzanych. Stwierdzenie, że naparzanie betonu przyspiesza nie tylko jego wiązanie i dojrzewanie lecz także starzenie, jest oczywiste, dojrzewanie bowiem jest w tym przypadku synonimem starzenia.

Praca pt. *Wykorzystanie matematycznych maszyn analogowych do wyznaczenia parametrów funkcji pelzania* (M. PERSONA, J. RÓŻEWICZ, s. 339) wskazuje na możliwości elektronicznej techniki analogowej przy opisywaniu analitycznym i wyznaczaniu parametrów funkcji pelzania betonu na podstawie wyników badań doświadczalnych.

Celem pracy pt. *Uwzględnienie cech reologicznych betonu przy obliczaniu konstrukcji betonowych* (I. PROKOPOWICZ, S. JASMAN, s. 347) jest ustalenie zakresu zastosowania teorii fenomenologicznych liniowej teorii pelzania betonu do obliczania konstrukcji betonowych. Między innymi autorzy analizują wpływ pelzania betonu na odkształcenia i naprężenia w konstrukcjach żelbetowych pracujących w fazie I i II. Interesujące są wykresy odkształceń ściskanej strefy elementów pracujących w fazie drugiej oraz wykresy zmian w czasie współczynnika $\Psi_z(t)$, który przy wzroście czasu t dąży do jedności.

Praca pt. *Współczynnik odkształcalności betonu przy zmiennych prędkościach obciążenia* (A. MITZEL, J. WŁODARCZYK, s. 373) jest rozszerzeniem pracy pierwszego z autorów, który przedstawił E jako funkcję dwóch zmiennych — $E(t, \sigma)$. W tym przypadku podano ujęcie analityczne współczynnika E jako funkcji trzech zmiennych — $E(\sigma, \tau, v)$, gdzie v jest prędkością przyrostu obciążenia. Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że największy wpływ na wartość E betonu wywiera zmiana naprężeń. Prędkość narastania naprężenia oraz wiek betonu τ mają znaczenie tylko w pewnych konkretnych przypadkach, na przykład przy sprawdzeniu odkształceń starej konstrukcji, albowiem wówczas różnica wartości E betonu w wieku 15 dni i np. 200 dni wynosi już około 17%.

Dyskusja

L. BRUNARSKI (Warszawa) w odniesieniu do referatu PERSONY i DZIENDZIELA uważa, że można wykorzystać aparaturę z ciśnieniem wewnętrznym, by uzyskać pomiary w płaskim stanie naprężenia. Odnośnie referatu PROKOPOWICZA i JASMANA — należałoby niektóre terminy zmienić, np. współczynnik relaksacji.

Z. BYCHAWSKI (Kraków) w odniesieniu do referatu KŁAPOCIA pyta, w jaki sposób w równaniu (38) mogą wystąpić dwa czasy (τ i t)? Podkreśla fakt podany przez A. MITZELĄ, iż równania (36) i (37) są trudne w stosowaniach praktycznych. Wzór (35) przedstawia dwie różne funkcje f ; w tej sprawie prosi o wyjaśnienie.

G. SZEFER (Kraków) uważa, że współczynnik Poissona $\nu(\tau, t)$ jako funkcja dwóch zmiennych jest ważny dla betonu, dla glin, górotworów. Jest to zagadnienie mało zbadane. Badania przedstawione w referacie J. WŁODARCZYKA i A. MITZELĄ są pierwszymi badaniami na ten temat w Polsce.

Na końcu dyskusji autorzy referatów ustosunkowali się do wypowiedzi dyskutantów, udzielając odpowiedzi na postawione pytania.

AKTUALNE PROBLEMY REOLOGII OŚRODKA ROZDROBNIONEGO*)

STANISŁAW DMITRUK (WROCŁAW)

1. Wstęp

Metody reologii wprowadzone zostały do mechaniki gruntu w połowie lat pięćdziesiątych. Fakt ten łączy się z nazwiskami TAN TJONG-KIE, W. A. GEUZE i J. M. BURGERSA. Pierwszy z wymienionych był autorem rozprawy *Onderzoekingen over de rheologische Eigenschappen van Klei* — pozostali, jego promotorami [1]. Wkrótce potem metody reologii w polskiej mechanice gruntów zostają zaadaptowane przez I. KISIELA. To, że mam szczęście zaliczać się do uczniów I. KISIELA i TANA, pozwoliło mi prześledzić od początku rozwój tej dziedziny mechaniki.

Wspomniane wydarzenia poprzedziły specyficzny kryzys mechaniki gruntów, którego skutki dają znać o sobie jeszcze i dziś. Sądzę, że celowe jest zastanowienie się nad przyczynami tego kryzysu.

Zarówno klasyczna mechanika, jak i reologia gruntu zajmują się opisem tego samego ciała, tj. ośrodka rozdrobionego. Punktem wyjścia w obu przypadkach jest model fizyczny, definiowany przez pojęcie reprezentatywnego obszaru elementarnego. Obszarowi temu przypisuje się wymiary skończone [2, 4], w przeciwieństwie do nieograniczonego małego obszaru elementarnego, jakim operuje mechanika ośrodków ciągłych.

Pociąga to za sobą bardzo istotne następstwa, o których nie zawsze się pamięta, a może nawet w wielu przypadkach nie zdaje sobie sprawy. Pierwszym z nich jest interpretacja pojęcia naprężenia. Jeżeli w mechanice ośrodków ciągłych naprężenie interpretuje się jako

$$(1) \quad \sigma = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta S},$$

to, wobec skończonych wymiarów obszaru elementarnego, w ośrodku rozdrobionym naprężenie charakteryzujące się jako

$$(2) \quad \hat{\sigma} = \frac{\Delta P}{\Delta S}.$$

Aby zdać sobie sprawę z dalszych następstw interpretacji przeprowadzimy następujące rozumowanie. Niech obszar elementarny ośrodka rozdrobionego znajduje się wewnątrz ciała ciągłego, na konturze którego dane zostało obciążenie zewnętrzne. Jeżeli w dowolnej chwili naprężenia działające na powierzchnię zewnętrzną obszaru elementarnego mają być zrównoważone przez oddziaływanie materiału tworzącego ten obszar, konieczne jest spełnienie warunku

$$(3) \quad \int_{\Delta F} \sigma_{(t)} dF = \int_{\Delta F} r_{(t)} dF,$$

gdzie ΔF — powierzchnia ograniczająca element, $r_{(t)}$ — funkcja oddziaływania materiału.

Warunek może być spełniony przez różne funkcje: właściwa, dla materiału obszaru elementarnego, powinna być określona przez związki fizyczne. Przypomnijmy, że skomplikowane właściwości ośrodka uniemożliwiły klasycznej mechanice ośrodka rozdrobionego na funkcyjny zapis związku

$$(4) \quad \gamma = F\{\sigma\}$$

*) Referat generalny wygłoszony dnia 2 grudnia 1972 r. we Wrocławiu na V Sympozjone Reologii.

i spowodowały wprowadzenie związków lokalnych w postaci

$$(5) \quad q = k(I - I_0),$$

$$(6) \quad \Delta \varepsilon = a(\Delta \sigma - \Delta \sigma_w),$$

$$(7) \quad \tau^{\theta r} = c' + (\sigma - \sigma_w)^{\theta r} \operatorname{tg} \varphi'.$$

W związkach tych czas występuje w sposób niejawny, będąc argumentem funkcji złożonych σ_w , c' , φ' , k , a .

Wobec takiej sytuacji mechanika ośrodka rozdrobionego podjęła próby adaptacji równań stanu prostych ciał reologicznych. Jednak skończone wymiary obszaru elementarnego wykluczyły możliwość dyskretyzacji efektów wewnątrz obszaru [4], dyskretyzacji która stanowi ogromną zaletę mechaniki ośrodków ciągłych operującej nieograniczenie małymi elementami.

Metody reologiczne pozwoliły na przewyżczenie tych trudności dzięki:

- a) wprowadzeniu do rozważań przestrzeni wymiarowej o bazie: naprężenie, odkształcenie, czas;
- b) wprowadzeniu analogu zewnętrznych efektów reakcji wewnętrznej obszaru elementarnego.

Rozważania w przestrzeni wymiarowej o bazie σ , γ , t pozwoliły na funkcyjny opis, przynajmniej powierzchni ograniczających i przekrojów związku [4], właściwości zaś modeli reologicznych — na opis reakcji wewnętrznej materiału, poprzez analog efektów zewnętrznych. Dało to możliwość rozwiązania szeregu zadań w zastosowaniach technicznych.

2. Omówienie referatów sekcyjnych

Na tle przytoczonej krótkiej analizy rozpatrzmy referaty naszej sekcji.

Poza sugerowaną przez analizę «klasyfikacją» znajduje się referat A. BORCZA i J. DUBISA pt. *Badania naporu gruntu na tymczasowe umocnienia ścian wykopu*. Ograniczona ilość wyników pomiarów uniemożliwiła Autorom ich interpretację. Niemniej informacje zawarte w referacie zapowiadają możliwość uzyskania interesujących materiałów.

Określoną grupę tematyczną reprezentują referaty pochodzące z Gdańskiego Oddziału naszego Towarzystwa. Ich podstawę teoretyczną stanowią założenia ośrodka sztywno-idealnie plastycznego lub sprężysto plastycznego, podstawowe zaś narzędzie — badania modelowe. Wszystkie traktują o ważnych i niedostatecznie rozpoznanych zagadnieniach. Są to prace: 1) E. DEMBICKI, W. ODROBIŃSKI, B. ZADROGA pt. *Nośność podłoża fundamentowego stanowiącego zbocze w świetle doświadczeń*, 2) A. BOLT, E. DEMBICKI pt. *Nośność fundamentów blokowych poddanych działaniu momentu wywracającego w świetle badań modelowych*, 3) E. DEMBICKI, W. ODROBIŃSKI pt. *Nośność uwarstwionego podłoża fundamentowego*.

W pracach 1) i 2) zreferowane zostały wyniki badań modelowych, które porównano z wynikami rozwiązań odpowiednich zadań ośrodka sztywno-idealnie plastycznego. Szersze opracowanie teoretyczne, przy zastosowaniu modelu sprężysto-plastycznego zawiera referat 3. Znajdujemy propozycję wykorzystania zasady zachowania energii, przy założeniu stałej objętości obszaru uplastycznionego, do rozwiązania zadania podanego w tytule referatu. Sądzę, że w przypadku wszystkich referatów przedmiotem dyskusji może stać się sprawa udokumentowania wpływu, lub braku wpływu oddziaływania ścian i dna na wyniki badań modelowych, oraz problem przetransponowania wyników na obiekty rzeczywiste.

W tym ostatnim aspekcie nowe problemy dyskusyjne stwarza wprowadzenie w referacie E. DEMBICKIEGO i W. ODROBIŃSKIEGO — *Nośność uwarstwionego podłoża fundamentowego*, analogu sprężysto-plastycznego i zastosowana metoda rozwiązania.

Podkreślając niewątpliwą nowość jaką stanowi to podejście w rozwiązaniu zadania (dotychczas podobne propozycje dotyczyły rozważań nad niektórymi zagadnieniami obszaru elementarnego np. [3]), nie można jednak nie dostrzec wylaniających się w związku z propozycją zagadnień.

W rozpatrywanym przez Autorów zadaniu materiał tworzący warstwy musi przejść wszystkie fazy pracy od minimalnych wartości stanu naprężenia aż do stanu granicznego. Z natury rzeczy proces ten musi odbywać się w czasie, a zmiany stanu naprężenia nie muszą przebiegać monotonicznie. Wobec skomplikowanych właściwości ośrodka rzeczywistego i wyraźnie występujących efektów dziedziczności (pamięci)

powstaje pytanie: czy zastosowanie modelu sprężysto-plastycznego pozwoli na dostatecznie dokładne oszacowanie pracy w tym ośrodku?

Sądzę, że problem ten wart jest przeanalizowania przed przystąpieniem do rozwiązania zadania. Istnieje oczywiście szereg przykładów zastosowania «ponadczasowych» analogów, ma to jednak miejsce w określonych warunkach wyznaczania efektów zewnętrznych np. przy niewielkich przyrostach naprężeń czy szczególnych stanach naprężenia np. w stanie granicznym.

Trzy następne referaty przedstawiają zagadnienia teorii konsolidacji, a to: 1) Z. KOŃCZAKA, pt. *Osładanie powierzchni półprzestrzeni konsolidującej pod działaniem obciążenia statycznego*, 2) J. GASZYŃSKIEGO i G. SZEFERA pt. *Konsolidacja półprzestrzeni lepkosprężystej pod obciążeniem osiowo-symetrycznym*, 3) B. LACHOWICZA i G. SZEFERA pt. *Konsolidacja półprzestrzeni lepkosprężystej przy obciążeniu antysymetrycznym*.

Zwróćmy uwagę, że model fizyczny ośrodka rozdrobionego dopuszcza co najmniej trzy typy konsolidacji z uwagi na układ strukturalny szkieletu, różniące się przede wszystkim warunkiem początkowym dla momentu realizacji warunków brzegowych (obciążenia)

dla szkieletu statecznego

$$(8a) \quad \Delta\sigma = \Delta\sigma_{s(0)}; \quad \Delta\sigma_{w(0)} = 0,$$

dla szkieletu quasi-statecznego

$$(8b) \quad \Delta\sigma = \Delta\sigma_{w(0)} + \Delta\sigma_{s(0)},$$

dla szkieletu niestatecznego

$$(8c) \quad \Delta\sigma = \Delta\sigma_{w(0)}; \quad \Delta\sigma_{s(0)} = 0,$$

i co najmniej dwa typy z uwagi na związek opisujący filtrację, a różniące się warunkami końcowymi

$$(8d) \quad \text{gdy } I_0 = 0 \quad \Delta\sigma_{w(T)} = 0,$$

$$(8e) \quad \text{gdy } I_0 \neq 0 \quad \Delta\sigma_{w(T)} \neq 0.$$

Stąd, z punktu widzenia mechaniki ośrodka rozdrobionego, przedstawione rozwiązania są rozwiązaniami szczególnych zadań stanu odkształcenia.

Inny problem związany z zastosowaniami teorii konsolidacji znajdujemy w referacie R. DZIĘCIELAKA pt. *O określaniu stałych ośrodka konsolidującego*.

Problem może być względnie prosty, tak jak to przedstawia Autor, dla ośrodka, w którym moduł sprężystości i współczynnik Poissona mogą być traktowane jako stałe materiałowe, a technika oznaczania modułów ściśliwości objętościowej ziaren szkieletu opanowana. Nie odnosi się to niestety do ośrodka rozdrobionego.

Ostatnią grupę stanowią referaty eksponujące metodykę reologiczną, zastosowaną w rozwiązaniach zadań technicznych.

Referat K. ABRAMSKIEGO pt. *Wiskozymetryczne badania reologiczne osadów poprodukcyjnych przemysłu sodowego*. Wyniki uzyskane przez K. Abramowskiego pozwalają na wyrobienie sobie poglądu na właściwości reologiczne opisywanego materiału. Sądzę, że referat sygnalizuje intencję Autora i dalsze uogólnienie uzyskanych wyników.

J. KWIATEK w pracy pt. *Reologiczne aspekty współpracy budowlanej z podłożem górniczym* i H. GLINKO w pracy pt. *Wpływ prędkości odkształcenia na zmianę stanu naprężenia w gruncie na terenach górniczych*, przedstawiają wyniki badań konsekwentnie prowadzonych w głównym Instytucie Górnictwa, z których początkami mieliśmy możliwość zapoznać się na poprzednich Sympozjonach.

W aktualnym stanie zagadnienia wskazane byłoby, moim zdaniem, podjęcie prób identyfikacji efektów reologicznych procesu rzeczywistego z przyjętymi w referatach modelami. Jak mi wiadomo, autorzy dysponują już obecnie pewnymi materiałami naświetlającymi to zagadnienie.

Referat I. KISIELA pt. *Działanie obciążenia na ciało kruche* przedstawiam jako ostatni z tej przyczyny, że wykracza poza problematykę reologii ośrodka rozdrobionego. W referacie analizowana jest możliwość zastosowania przedstawionego przez Autora modelu ciała kruchego do rozwiązania pewnych zagadnień mechaniki skał. Aktualność i waga poruszonego w referacie zagadnienia nie wymaga chyba komentarzy.

3. Wnioski

Na przedstawione referaty trzeba by jeszcze spojrzeć jako na odzwierciedlenie rozwoju reologii pomiędzy sympozjonami, a także odzwierciedlenie tendencji tego rozwoju.

Niewątpliwie jednym z przejawów rozwoju jest, że już w czasie przygotowań do sympozjonu, pojawiły się trudności i dyskusje na temat kierowania prac do poszczególnych sekcji i precyzyjnie określenia tematyki tych ostatnich. Z dyskusji i analizy przedstawionych referatów wyłania się wniosek, że w przyszłości należałoby wyróżnić dwa działy tematyczne w ramach naszej sekcji: a) reologię ośrodka rozdrobionego, b) reologię skał. Wydaje się, że właśnie w tym ostatnim dziale znajdą swe miejsce zastosowania teorii konsolidacji, która historycznie i merytorycznie wywodzi się z mechaniki skał i tam może znaleźć bardziej efektywne zastosowanie.

Inne, równie naturalne zjawisko rozwojowe, to pogłębienie się «inflacji» modeli przypisywanych jednemu i temu samemu ośrodkowi. Zwrócił na nie uwagę I. KISIEL na II Sympozjonie.

Zjawisko to wymaga z jednej strony analizy samej metodyki tworzenia modeli reologicznych, z drugiej — analizy związków fizycznych ośrodka.

Jeżeli chodzi o analizę metodyki konstruowania modeli, warto w tym miejscu zwrócić uwagę na pracę F. STOPPA [5], która ukaże się wkrótce w «Studiach i Materiałach Instytutu Matematyki i Fizyki Teoretycznej» naszej uczelni. Zawiera ona analizę podstaw teoretycznych i reguły konstruowania modeli reologicznych.

Druga, fizyczna strona analizy, to zagadnienie identyfikacji modeli reologicznych z procesami zachodzącymi w ośrodku rzeczywistym. Istnieją, moim zdaniem, podstawy do twierdzenia, że są już obecnie możliwości rozwiązania tego zagadnienia na drodze sformułowania równania konstytutywnego dla reprezentatywnego obszaru elementarnego ośrodka [6].

Uważam, że poza dalszym rozwojem zastosowań w najbliższym okresie prace badawcze powinny rozwinąć się we wspomnianych powyżej kierunkach.

Literatura

1. TAN TJONG-KIE, *Onderzoekingen over de rheologische Eigenschappen van Klei*, Gravenhage 1954.
2. Н. А. ЦЫТОВИЧ, *Механика грунтов*, ГИЛСА и С. М., Москва 1963.
3. K. HOSHINO, *A General Theory of Mechanics of Soils*, Proc. IV ICOS an EF, London 1957.
4. I. KISIEL, B. LYSIK, *Zarys reologii gruntów. Działanie obciążenia statycznego na grunt*, Arkady, Warszawa 1966.
5. F. STOPP, *Die Zustandsgleichungen der Bodenrheologie* (w druku).
6. S. DMITRUK, B. LYSIK, H. SUCHNICKA, *Podstawowe problemy wytrzymałości gruntu* (w przygotowaniu do druku).

Dyskusja

W zapoczątkowanej przez G. SZEFERA (Kraków) dyskusji, który szczegółowo omówił aktualny stan rozwoju teorii konsolidacji i jej zastosowań, mówca wskazał, że najpilniejszymi są obecnie badania doświadczalne (zapoczątkowane w Oddziale Poznańskim) oraz rozwiązania zadań dla możliwie najogólniejszych modeli liniowych. W obecnej chwili uważa za niecelowe «przypisywanie» omawianej teorii mechanice skał czy gruntu z uwagi na różnorodność jej zastosowań.

L. BRUNARSKI (Warszawa) poruszył zagadnienie równań konstytutywnych zastosowanych w referacie E. DEMBICKIEGO i W. ODROBIŃSKIEGO.

J. WOJCIECHOWSKI (Wrocław) poddał analizie przyczyny rozbieżności pomiędzy rozwiązaniami numerycznymi, modelowymi i pomiarami na obiektach, które zauważył w referacie E. DEMBICKIEGO, W. ODROBIŃSKIEGO i B. ZADROGA. K. NIEPOKOJAK (Warszawa) i J. WOJCIECHOWSKI omawiali zagadnienie jksotropii i niektórych jego aspektów technicznych.

A. BORCZ (Wrocław) uzupełniając referat przedstawił problematykę konstrukcji i eksploatacji czujników magneto-sprężystych i uzyskane w tej dziedzinie rezultaty.

J. GASZYŃSKI (Kraków) zilustrował tezy referatu przykładami rozwiązań numerycznych konsolidacji dla przypadków nagłego i rosnącego, lokalnego obciążenia półprzestrzeni lepkosprężystej oraz wynikającymi stąd wnioskami. Odpowiadając na kwestie poruszone w dyskusji, a dotyczące referatów, których był współautorem, W. ODROBIŃSKI (Gdańsk) stwierdził, że badania modelowe jak i założenia o cechach ośrodka traktowane były przez Autorów jako pierwsze przybliżenie; poinformował też o dalszym toku badań.

ZAGADNIENIA OGÓLNE W REOLOGII*)

OTTON DĄBROWSKI (WROCLAW)

W dziale «Zagadnienia ogólne w reologii» umieszczono prace nie mieszczące się w trzech podstawowych działach sympozjonu, mianowicie w działach: reologia metali i polimerów, reologia betonu oraz reologia gruntów.

Do działu zagadnienia ogólne w reologii z pośród prac, które wpłynęły na V Sympozjon Reologii, zakwalifikowano 5 prac. Prace te są opublikowane na ss. 533 do 557 i 563 do 591 wydawnictwa pt. «V Sympozjon poświęcony reologii», referaty, Wrocław 1972. PTMTiS, Oddział we Wrocławiu. Wydrukowane w wydawnictwie dwie prace dotyczące konsolidacji ujęte są w referacie generalnym na temat reologii gruntów.

Dwie prace traktują o reologii powłok, jedna o stateczności i wyboczeniu i dwie o pewnych zagadnieniach lepkosprężystości. Z. BYCHAWSKI i J. LEDZIŃSKI przedstawiają w pracy pt. *Deformacja pełzającej powłoki walcowej pod ciśnieniem wewnętrznym* rozwiązanie zagadnienia pełzania powłoki walcowej obciążonej osiowo-symetrycznie. W pracy oparto się na poprzednich publikacjach Bychawskiego. W rozwiązaniu, w przeciwieństwie do rozwiązań innych autorów, uwzględniono interakcję sił wewnętrznych w powłoce. Rozwiązano przypadki szczególne, gdy powłoka na brzegu jest przegubowo podparta i drugi, gdy jest utwierdzona. Otrzymane wyniki dla obu wariantów warunków brzegowych przedstawiono graficznie podając na wykresach zmianę momentu zginającego i prędkości przemieszczenia normalnego dla powłoki wzdłuż długości powłoki.

Byłaby pożyteczna w pracy bliższa analiza różnic między przedstawionym rozwiązaniem a rozwiązaniami innych autorów.

H. KOPECKI, E. REJMAN, J. ZAKRZEWSKI w pracy pt. *Analityczne rozwiązania w zakresie reologii powłok kulistych, a badania eksperymentalne* przeprowadzili weryfikację rozwiązań analitycznych dużych ugięć reologicznych powłok kulistych za pomocą badań doświadczalnych. Weryfikacji eksperymentalnej poddano założenia i wyniki przedstawione w pracach BYCHAWSKIEGO oraz BYCHAWSKIEGO i KOPECKIEGO. Rozwiązania analityczne otrzymano przy założeniu nieliniowych związków geometrycznych oraz równania konstytutywnego dla materiału powłoki, zaproponowanego przez Odquista.

Autorzy opisali sposób przeprowadzenia badań oraz warunki w jakich one zostały przeprowadzone. W wyniku pomiarów otrzymali związki między przemieszczeniem normalnym do powłoki w jej środku, a czasem (do 200 godz). Na wykresach przedstawiono te zależności przy różnych wielkościach obciążenia powłoki i porównano je z wynikami analitycznymi. Jakościowy przebieg tych zależności jest zgodny, ilościowo wielkości otrzymane na drodze teoretycznej są większe od wielkości otrzymanych z eksperymentu.

Podane w pracy wnioski są, moim zdaniem, może zbyt śmiałe w stosunku do zakresu przeprowadzonych badań. Mierzono bowiem tylko ugięcia środka powłoki, nie badano zachowania się innych wielkości. Również nie badano, czy powłoka pracuje wyłącznie w stanie błonowym, taki bowiem stan uwzględniła rozwiązanie analityczne, z którym porównuje się wielkości otrzymane eksperymentalnie.

Z. BYCHAWSKI i H. KOPECKI poddają pod dyskusję w pracy pt. *O stateczności reologicznej i reologicznym wyboczeniu* problem stateczności i wyboczenia reologicznego. Uważają, że klasyczne ujęcie zagadnień stateczności i wyboczenia reologicznego w ujęciu jak dla układów sprężystych wymaga innego podejścia.

*) Referat generalny wygłoszony dnia 2 grudnia 1972 r. we Wrocławiu na V Sympozjone Reologii.

Uważają, że wymienione zjawiska reologiczne są jakościowo różne od tych zjawisk w stanie sprężystym. Należy przyjąć brak reakcji natychmiastowej materiału na działanie zewnętrzne. Materiał, zakładają, ma wyłącznie własności zależne od czasu. Twierdzą, że dla materiałów czysto pełzających stosowanie kryterium typu dynamicznego nie ma uzasadnienia. Utrata stateczności sprężystej następuje przy pewnej minimalnej wielkości energii akumulowanej, natomiast utrata stateczności reologicznej zachodzi przy pewnej wartości dysypacji, która nie musi mieć charakteru ekstremalnego.

A. WILCZYŃSKI analizuje w pracy pt. *Funkcja wykładnicza ułamkowa i jej własności w zastosowaniu do opisu zjawisk lepkosprężystości* przydatność funkcji

$$e_r(\gamma, t) = -\gamma \sum_1^{\infty} (-1)^m \frac{(\nu t)^{m\nu-1}}{\Gamma(m, \nu)}$$

do opisu zjawisk lepkosprężystości liniowej, zarówno do celów praktycznych, jak i teoretycznych. W zależności od doboru wartości parametrów ν i γ można dopasować tę funkcję do dowolnych danych doświadczalnych pełzania, występujących w praktyce. Autor pokazuje, że funkcja ta daje proste wyrażenia poszczególnych funkcji lepkosprężystości, jej przekształcenie Laplace'a jest łatwe do obliczenia. Całka tej funkcji wyraża się jako nowa funkcja $e_r^*(\gamma, t)$. Uzasadniono celowość tabelaryzacji tej funkcji. Badania prowadzone przez autora są interesujące i pożyteczne.

Z. PIEKARSKI wykazuje w pracy pt. *Analogia sprężysto-lepkosprężysta* możliwość istnienia sprężysto-lepkosprężystej analogii dla półprzestrzeni przy różnym pełzaniu postaciowym i objętościowym, z uwzględnieniem starzenia ośrodka. Przedstawiona sprężysto-lepkosprężysta analogia jest uogólnieniem analogii Arutuniana i Grahama. Dyskusję nad postawioną tezą przeprowadzono dla trzech przypadków, a mianowicie: 1) dla obszaru całkowania Ω niezależnego od czasu (Ω obszar obciążenia półprzestrzeni), 2) gdy funkcję obciążenia półprzestrzeni $p(x_1, x_2, t)$ można przedstawić w postaci iloczynu dwóch funkcji o rozdzielanych zmiennych w postaci

$$p(x_1, x_2, t) = \sum_{k=1}^n p_k(x_1, x_2) A_k(t)$$

oraz dla materiału bez starzenia.

Dyskusja

Z. KOWAL wypowiedział się o potrzebie badań fizycznych podstaw reologicznego zachowania się ciał stałych. Stanowisko swoje uzasadnia następująco:

Stosowany w fizyce podział ciał na: ciała stałe, ciała ciekłe i ciała gazowe oraz podział ciał stałych na ciała sztywne, ciała sprężyste oraz ciała plastyczne, z punktu widzenia reologii posiada luki. W fizyce ciała stałego do dzisiejszego dnia nie wypracowano kompletu podstawowych, mierzalnych wielkości fizycznych, za pomocą których można wytłumaczyć w prosty i logiczny sposób reologiczne zachowanie się ciał stałych i pod tym względem została ona wyprzedzona przez fizykę jądrową.

Klasyczny podział na ciała stałe, ciecze i gazy w reologii traci swoją ostrość, mimo że w technice ten podział ma nadal istotne znaczenie. Reiner na przykład twierdził, że beton można uważać za ciecz o czasie relaksacji około 10^6 , natomiast powietrze za ciecz o czasie relaksacji 10^{-10} . Na podstawie analizy sił międzyatomowych i międzycząsteczkowych można przyjąć, że stan skupienia ciała zależy od energii zgromadzonej w ciele. Reologiczne stałe materiałowe możemy uważać za funkcje losowe takich nielosowych parametrów jak: temperatura, ładunek elektryczny oraz naprężenia. Tak zwane stałe reologiczne zmieniają się w polu temperatur, w polu elektrycznym i w polu naprężeń. Zależnie od natężenia wymienionych pól mamy różne własności reologiczne tych samych ciał. Szereg obserwowanych odchyłeń własności reologicznych ciał jest spowodowany tym, że mierzone techniczne własności reologiczne są wielkościami losowymi o znacznym nieraz rozproszeniu cech. Szereg anomalii zależy od szybkości odkształceń lub przemieszczeń, a zwłaszcza od tego czy siły bezwładności odgrywają zasadniczą, czy też drugorzędą rolę w stosunku do sił międzycząsteczkowych.

O potrzebie badań fizycznych uwarunkowań reologicznego zachowania się ciał świadczy szereg niekonsekwentnych lub niedostatecznie wyjaśnionych efektów reologicznych, jak na przykład:

Efekt ujemnej lepkości uważany za przyczynę wzrostu średniej szybkości w ruchu wirowym. Zastosowanie efektu ujemnej lepkości ma miejsce w obliczeniach obrotu słonecznej fotosfery i mgły słonecznej, obrotu atmosfery ziemskiej i atmosfery planet, obrotu dysków spiralnych galaktyk, przepływu Golfstromu i sezonowych efektów atmosferycznych. Należy dodać, że efekty ujemnej lepkości dadzą się obserwować w laboratoriach. Należy przypuszczać, że wprowadzenie pojęcia ujemnej lepkości wiąże się z ułatwieniem matematycznego opisu szeregu zjawisk geofizycznych i astrofizycznych, a nie rzeczywistą ujemną lepkością. Wiąże się też zapewne z brakiem ujęcia wszystkich źródeł energii wywołujących ruch.

L'Hermite wprowadził pojęcie antytiksotropii w celu określenia zjawiska zwiększania się stosunku sił stycznych do szybkości w miarę wzrostu odkształceń stycznych. Kaczański wykrył przypadek 350-krotnego wzrostu lepkości w ciągu 1 minuty, przy szybkości odkształceń stycznych 10 sek^{-1} . Lepkość w tym przypadku różni się od lepkości strukturalnej tym, że w przypadku tiksotropii i antytiksotropii odbudowa lepkości następuje ze znacznym nieraz opóźnieniem.

Znany jest pozatem efekt elektrolepki, polegający na powiększaniu się lepkości w obecności ładunków na cząsteczkach oraz efekt elektoreologiczny, polegający na natychmiastowym zwiększeniu lepkości zależnie od napięcia i częstości pola elektrycznego i szybkości ścinania, który bywa wykorzystywany do obróbki niektórych ciał kruchych.

A. MITZEL poprosił autorów referatu *O stateczności reologicznej i reologicznym wyboczeniu* o bliższe wyjaśnienie zastosowania proponowanych rozwiązań.

Z. BYCHAWSKI zwrócił uwagę w związku z wypowiedzią Z. KOWALA, że referat J. WŁODARCZYKA i A. MITZLA pt. *Współczynnik odkształcalności betonu przy zmiennych prędkościach obciążenia* daje w pewnej części odpowiedź na poruszone sprawy. Odpowiedział A. MITZLOWI w sprawie wyboczenia reologicznego; rozwiązania dotyczące pewnych szczególnych przypadków opublikował H. KOPECKI. Przytoczył on również przykłady, wynikające z prac RABOTNOWA i SZESTERIKOWA. Podał także pewne uwagi formalne do referatu Z. PIEKARSKIEGO. Uznał, natomiast, że w referacie A. P. WILCZYŃSKIEGO własności funkcji wykładniczej zostały przedstawione w sposób przejrzysty i celowy.

H. KOPECKI przedstawił szkicowo, w związku z zapytaniem A. MITZLA, wyniki swojej pracy na temat wyboczenia, opublikowanej w Arch. Bud. Maszyn, 3 (1972). Ustosunkował się także do wypowiedzi generalnego referenta.

A. WILCZYŃSKI przedstawił kilka uwag krytycznych do referatu Z. PIEKARSKIEGO.

Z. PIEKARSKI wyjaśnił wątpliwości wyrażone w wypowiedziach Z. BYCHAWSKIEGO i A. WILCZYŃSKIEGO.

L. LEDZIŃSKI w związku z uwagami generalnego referenta omówił różnice między przedstawionym rozwiązaniem na sympozjonie, a rozwiązaniem innych autorów.

Należy podkreślić żywość i wysoki poziom wypowiedzi dyskusyjnych.

XV ZJAZD DELEGATÓW POLSKIEGO TOWARZYSTWA MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ

XV Zjazd PTMTS odbył się w Warszawie w Pałacu Kultury i Nauki dnia 12 maja 1973. W Zjeździe wzięły udział 54 osoby, w tym 49 osób z mandatami delegatów, reprezentujące 11 Oddziałów Towarzystwa. Obrady otworzył przewodniczący ZG prof. dr Z. KĄCZKOWSKI, który stwierdził, że Towarzystwo włączyło się do przygotowań do II Kongresu Nauki Polskiej. Komisja pod przewodnictwem prof. dra G. RAKOWSKIEGO opracowała memoriał w sprawie szkolenia młodej kadry i programów nauczania. Sądzymy, że memoriał ten odegrał pewną rolę przy opracowywaniu raportu o stanie oświaty oraz wytycznych Ministerstwa Nauki, Techniki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie programów nauczania.

Otwierając Zjazd przewodniczący ZG przypomniał, że dnia 9 kwietnia br. zmarł prof. dr Edmund KARAŚKIEWICZ, członek założyciel i członek honorowy PTMTS, przewodniczący Oddziału Poznańskiego PTMTS. Zebrani uczcili pamięć zmarłego minutą ciszy.

Na przewodniczącego obrad Zjazdu Delegatów powołano doc. dra Jerzego MIERZEJEWSKIEGO ze Szczecina, na z-ców przewodniczącego prof. dra Gwidona SZEFERA z Krakowa i prof. dra Kazimierza WRZEŚNIEWSKIEGO z Poznania; na sekretarza dr Bożenę TĘCZYŃSKĄ ze Szczecina.

Przyjęto następujący porządek obrad:

1. Otwarcie Zjazdu. Wybór przewodniczącego, zastępców przewodniczącego i sekretarza Zjazdu.
2. Przyjęcie protokołu z XIV Zjazdu Delegatów PTMTS.
3. Powołanie Komisji Matki i Skrutacyjnej.
4. Złożenie sprawozdania z działalności Towarzystwa.
5. Złożenie sprawozdania finansowego.
6. Sprawozdanie Głównej Komisji Rewizyjnej.
7. Dyskusja nad sprawozdaniami, przyjęcie ich oraz postawienie wniosku o udzielenie Zarządowi Głównemu absolutorium i głosowanie nad wnioskiem.
8. Wybory:
 - a) przewodniczącego;
 - b) uzupełniające członków Zarządu Głównego;
 - c) uzupełniające Głównej Komisji Rewizyjnej.
9. Sprawa zmiany Statutu Towarzystwa.
10. Uchwalenie generalnych wytycznych działalności na następny okres.
11. Sprawy bieżące i wolne wnioski.

Ad 1. Pierwszy punkt porządku dziennego wyczerpano na wstępie.

Ad 2. Protokół z poprzedniego Zjazdu Delegatów odbytego dnia 6 maja 1972 r. przyjęto bez zmian.

Ad 3. Komisję Matkę i Skrutacyjną powołano w składzie: prof. dr Zbigniew OLESIAK, doc. dr Marian SUCHAR i prof. dr Piotr WILDE.

Ad 4. Sprawozdanie z działalności Towarzystwa za rok 1972 oraz za pierwszy kwartał 1973 r. złożył sekretarz generalny prof. dr J. SZMELTER.

Ad 5. Sprawozdanie finansowe za rok 1972 i pierwszy kwartał 1973 r. złożył skarbnik — prof. dr Zbigniew WESOŁOWSKI.

Ad 6. Sprawozdanie Głównej Komisji Rewizyjnej złożył jej przewodniczący prof. dr Stanisław KOCAŃDA.

Ad 7. W dyskusji nad sprawozdaniami, która dotyczyła zaległych składek, ożywienia działalności Towarzystwa, współpracy PTMTS ze stowarzyszeniami NOT oraz Towarzystwem Elektrotechniki i Tow. Cybernetyki zabierali głos doc. dr Z. WASZCZYŹYŃ, prof. dr A. MORECKI i prof. dr Z. BRZOSKA. Prof. dr Z. KĄCZKOWSKI poruszył również kwestię nieprawidłowości w załatwianiu spraw finansowych w pewnych oddziałach Towarzystwa.

Po dyskusji przyjęto sprawozdania:

- 1) z działalności Towarzystwa w r. 1972 i za pierwszy kwartał 1973 r.;
- 2) finansowe;
- 3) Głównej Komisji Rewizyjnej.

Wniosek o udzielenie Zarządowi Głównemu absolutorium z podziękowaniem za owocną pracę przyjęto jednogłośnie przy wstrzymaniu się od głosowania członków Zarządu Głównego.

Ad 8. W imieniu Komisji Matki sprawę wyborów zreferował prof. dr Zbigniew OLESIAK.

U p ł y w a k a d e n c j a:

przewodniczącego — prof. dra Zbigniewa KĄCZKOWSKIEGO
członków Zarządu Głównego

- 1) prof. dra Janusza MURZEWSKIEGO (Kraków)
- 2) prof. dra Zbigniewa WESOŁOWSKIEGO
- 3) prof. dra Gustawa RAKOWSKIEGO
- 4) dra Kazimierza BORSUKA

Główniej Komisji Rewizyjnej (częściowo)

- 1) doc. dra Eugeniusza BIELEWICZA (Gdańsk)
- 2) prof. dra Jerzego Sułockiego (Łódź)
- 3) doc. dra Jacka STUPNICKIEGO
- 4) doc. dra Zenona WASZCZYŻYNA (Kraków)

T r w a k a d e n c j a

a) członków Zarządu Głównego

- 1) doc. dra Marka KWIECIŃSKIEGO
- 2) prof. dra Zbigniewa OSIŃSKIEGO
- 3) prof. dra Jana SZMELTERA

oraz

zastępców członków Zarządu Głównego

- 4) prof. dra Ottona DĄBROWSKIEGO (Wrocław)
 - 5) doc. dra Henryka MIKOŁAJCZAKA (Poznań)
- b) Główniej Komisji Rewizyjnej (częściowo):

- 1) prof. dra Stanisława KOCĄNDY
- 2) doc. dra Romana JANICZKA (Częstochowa)
- 3) doc. dra Zbigniewa BYCHAWSKIEGO (Kraków).

Komisja Matka zaproponowała następujące kandydatury:

Na przewodniczącego Zarządu Głównego prof. dra Zbigniewa KĄCZKOWSKIEGO (ponownie). Innych kandydatów nie zgłoszono. Po przeprowadzeniu tajnego głosowania prof. dr Z. KĄCZKOWSKI uzyskał 47 głosów (na 49 uprawnionych do głosowania).

Na członków Zarządu Głównego

prof. dra Zdzisława PARSZEWSKIEGO (Łódź)
prof. dra Zbigniewa WESOŁOWSKIEGO (ponownie)
prof. dra Gustawa RAKOWSKIEGO (ponownie)
doc. dra Eugeniusza BIELEWICZA (Gdańsk)

Prof. dr Zbyszko STOJEK zgłosił dodatkowo kandydaturę prof. dra Stefana PIĘCHNIKA (Kraków).

Drogą tajnego głosowania członkami Zarządu Głównego zostali wybrani:

- 1) prof. dra Zdzisław PARSZEWSKI (43 głosy)
- 2) doc. dr Eugeniusz BIELEWICZ (40 głosów)
- 3) prof. dr Gustaw RAKOWSKI (37 „)
- 4) prof. dr Zbigniew WESOŁOWSKI (37 „)

Do Główniej Komisji Rewizyjnej wybrano zgodnie z propozycjami Komisji Matki:

- 1) prof. dra Jerzego SUŁOCKIEGO (Łódź) (47 głosów)
- 2) doc. dra Jacka STUPNICKIEGO (47 „)
- 3) dra Karola GRUDZIŃSKIEGO (47 „)

Upoważnionych do głosowania Delegatów (w momencie głosowania) było 49.

Korzystając z głosu prof. dr Z. OLESIAK złożył prof. drowi Z. KĄCZKOWSKIEMU serdeczne gratulacje z powodu ponownego wyboru na Przewodniczącego Towarzystwa.

Prof. dr Z. KĄCZKOWSKI podziękował za okazane mu zaufanie i ponowny wybór, obiecując dolożyć wszelkich starań, aby działalność PTMTS była owocna. Jednocześnie prof. dr KĄCZKOWSKI złożył podzięk-

kowanie za dotychczasową pracę w Zarządzie członkom, którzy przestali pełnić swe funkcje prof. drowi J. MURZEWSKIEMU i drowi K. BORSUKOWI.

Ad 9. Sprawę zmiany Statutu PTMTS zreferował przewodniczący ZG. Weszła ona pod obrady Zjazdu Delegatów, ponieważ Statut w brzmieniu uchwalonym przez poprzedni Zjazd nie został zatwierdzony. Stołeczna Rada Narodowa w ramach akcji ujednolicania statutów zaproponowała nowe brzmienie statutu.

W dyskusji poprawki do Statutu zaproponowali prof. dr J. KOŁAKOWSKI, prof. dr A. MORECKI i doc. dr. W. SZUŚCIK.

Przewodniczący Zjazdu Delegatów poddał pod głosowanie wniosek prof. dr J. KOŁAKOWSKIEGO w sprawie dwuletniej kadencji Władz PTMTS. Wniosek został uchwalony jednomyślnie. Projekt Statutu z poprawkami przyjęto również jednomyślnie. Zjazd Delegatów upoważnił Zarząd Główny do dokonania ewentualnych zmian, które mogą wyniknąć przy uzgadnianiu z Władzami.

Ad 10. Prof. dr Z. KĄCZKOWSKI zreferował plan pracy PTMTS na rok 1973, opracowany zbiorczo na podstawie planów nadesłanych przez poszczególne Oddziały.

Przewiduje się wzrost liczby członków do 638 osób, zebrań organizacyjnych 94. W ramach działalności rzeczowej planuje się zorganizowanie 70 zebrań naukowych, 4 sesji naukowych, 4 sympozjów, 6 seminariów, 2 konkursów oraz 6 pozycji wydawniczych (w tym kwartalnik „MTiS” oraz 5 wydawnictw materiałów konferencyjnych). Konkursy naukowe przeprowadzą: Oddział w Gliwicach na najlepszą pracę z dziedziny mechaniki teoretycznej i stosowanej z wyłączeniem prac czysto doświadczalnych oraz Oddział w Krakowie na najlepszą pracę z zakresu badań doświadczalnych.

Prof. dr Z. KĄCZKOWSKI podał również tematykę planowanych sympozjów i konkursów naukowych.

Po przedstawieniu generalnych wytycznych działalności PTMTS na następny okres prof. KĄCZKOWSKI zacytował jeden z referatów na II-gi Kongres Nauki Polskiej, w którym podkreślona jest ważność kształcenia kadr w zakresie nauk podstawowych. Następnie stwierdził, że hasło to nie jest realizowane, gdyż w praktyce następuje wypieranie nauk podstawowych w obecnie nowelizowanych planach nauczania na uczelniach technicznych na korzyść przedmiotów zawodowych. Prof. KĄCZKOWSKI proponuje określić formy działalności PTMTS dla wzmocnienia pozycji nauk podstawowych.

W dyskusji nad wytycznymi działalności, która skoncentrowała się na temacie znaczenia nauk podstawowych w kształceniu kadr inżynierskich, wypowiedzieli się profesorowie i docenci: J. SZMELTER (dwukrotnie), Z. BRZOSKA, Z. PARSZEWSKI (dwukrotnie), K. WERNEROWSKI, J. WOJNAROWSKI, B. SKALMIERSKI i S. PIECHNIK.

Zjazd Delegatów podjął uchwałę wyrażającą zaniepokojenie z powodu stanu kształcenia i ograniczenia przedmiotów podstawowych.

Ad 11. Prof. dr Z. KĄCZKOWSKI powiadomił zebranych, że dnia 11 kwietnia br. odbył się ogólnopolski Zjazd Towarzystw Naukowych PAN. Po całonocnych obradach uchwalono tezy, które sprowadzają się do tego, aby uregulować stan pracy Towarzystw i wprowadzić ustawę ujednolicającą, która podniosłaby rangę Towarzystw Naukowych. Po wyczerpaniu porządku obrad doc. dr J. MIERZEJEWSKI podziękował ustępującym członkom Zarządu Głównego za pracę oraz Delegatom i wszystkim obecnym za udział w Zjeździe.

Na tym obrady zakończono.

Z. Olesiak (Warszawa)

WŁADZE PTMTS W KADENCJI 1973/74

Zarząd Główny

prof. dr Zbigniew KĄCZKOWSKI — przewodniczący, prof. dr Zbigniew OSIŃSKI i prof. dr Zdzisław PARSZEWSKI (Łódź) — wiceprzewodniczący, prof. dr Jan SZMELTER — sekretarz generalny, prof. dr Zbigniew WESOŁOWSKI — skarbnik, prof. dr Gustaw RAKOWSKI — zast. sekr. generalnego, doc. dr Marek KWIECIŃSKI — zast. skarbnika, doc. dr Eugeniusz BIELEWICZ (Gdańsk) — członek Z.G., prof. dr Otton DĄBROWSKI (Wrocław), doc. dr Henryk MIKOŁAJCZAK (Poznań) — zast. czł. Z.G.

Główna Komisja Rewizyjna

prof. dr Stanisław KOCANĀ — przewodniczący, dr Karol GRUDZIŃSKI (Szczecin), doc. dr Roman JANICZEK (Częstochowa), doc. dr. Jacek STUPNICKI, prof. dr Jerzy SUŁOCKI (Łódź) — członkowie, doc. dr Zbigniew BYCHAWSKI — zast. członka.

Oddział w Bydgoszczy

doc. dr Lech M. KAMIŃSKI — przewodniczący, dr Tadeusz KABAT — wiceprzewodniczący, mgr inż. Bronisław SIOLKOWSKI — sekretarz, mgr inż. Wojciech WEINER — skarbnik.

Oddział w Częstochowie

prof. dr Jerzy KOLAKOWSKI — przewodniczący, doc. dr Roman JANICZEK — wiceprzewodniczący, doc. dr Janusz ELSNER — sekretarz, doc. dr Adolf SŁOŻALEC — skarbnik, doc. dr Waldemar BACHMACZ i dr Ryszard PARKITNY — członkowie.

Oddział w Gdańsku

prof. dr Piotr WILDE — przewodniczący, prof. dr Józef WIĘCKOWSKI — wiceprzewodniczący, dr Czesław BRANICKI — sekretarz, doc. dr Jan KRUSZEWSKI — skarbnik, dr Wojciech PIETRASZKIEWICZ — członek zarządu.

Oddział w Gliwicach

doc. dr Józef WOJNAROWSKI — przewodniczący, doc. dr Szczepan BORKOWSKI i doc. dr Stanisław GDULA — wiceprzewodniczący, doc. dr Walery SUŚCIK — sekretarz, dr hab. Andrzej TYLIKOWSKI — skarbnik, dr hab. Tadeusz BES, dr hab. Ernest CZOGALA — czł. zarządu, dr Remigiusz ĆWIK — zast. czł.

Oddział w Krakowie

doc. dr Zenon WASZCZYŻYN — przewodniczący, doc. dr Stanisław KASPRZYK — wiceprzewodniczący, doc. dr Bogdan OLSZOWSKI — sekretarz, doc. dr Wiesław KRZYŚ — skarbnik, prof. dr Gwidon SZEFER, doc. dr Zbigniew KORDECKI, doc. dr Zbigniew ENGEL, prof. dr Antoni CZUBAK — członkowie zarządu.

Oddział w Łodzi

doc. dr Marian SUCHAR — przewodniczący, doc. dr Władysław WALCZAK — wiceprzewodniczący, doc. dr Zbyszko KAZIMIERSKI — sekretarz, doc. dr Janusz LIPIŃSKI — skarbnik.

Oddział w Poznaniu

doc. dr Jarosław STEFANIAK — wiceprzewodniczący, dr Zbigniew MAGIER-ULLRICH — sekretarz, dr R. DZIĘCIELAK — skarbnik, doc. dr Henryk MIKOŁAJCZAK — członek zarządu.

Oddział w Rzeszowie

prof. dr Zbyszko STOJEK — przewodniczący, mgr inż. J. LENDZIŃSKI — sekretarz, mgr inż. Andrzej ŚWIDER — skarbnik.

Oddział w Szczecinie

doc. dr Czesław MICKIEWICZ — przewodniczący, mgr inż. Czesław KOSECKI — wiceprzewodniczący, dr Bożena TĘCZYŃSKA — sekretarz, dr Halina KARPIŃSKA — skarbnik, dr Leon WAŚKO — członek zarządu.

Oddział we Wrocławiu

prof. dr Stanisław DMITRUK — przewodniczący, doc. dr Zdzisław GABRYSZEWSKI — wiceprzewodniczący, dr Ryszard IZBICKI — sekretarz, doc. dr Eugeniusz BRZUCHOWSKI — skarbnik, doc. dr Bronisław OKOŁÓW i dr Henryk BOROCH — członkowie zarządu.

Oddział w Warszawie

prof. dr Marek DIETRICH — przewodniczący, doc. dr Bohdan KRAJEWSKI — wiceprzewodniczący, doc. dr Andrzej JAWORSKI — sekretarz, doc. dr Przemysław JASTRZĘBSKI — skarbnik, dr hab. Andrzej DRESCHER — zast. sekretarza, dr Edward RADWAŃSKI — zast. skarbnika, prof. dr Jerzy RUTKOWSKI i doc. dr Dionizy NIEPOSTYN — członkowie zarządu.

SYMPOZJA IUTAM

1. Sympozjum 4/1974 (patrz MTiS 1/1973 str. 123) pt. «Dynamics of Vehicle Roads and Railway Tracks» zostało przesunięte na rok 1975 z powodu prawie równoczesnej konferencji na ten sam temat w Virginia Polytechnic Institute.

2. Sympozjum 5/1974 «Mechanics of Visco-Elastic Media and Bodies» odbędzie się, z powodu rezygnacji prof. A. A. ILIUSZYNA, nie w Moskwie lecz w Gothenburgu (Szwecja), w dniach 2-7 września 1974. Przewodniczącym komitetu organizacyjnego jest prof. J. HULT.

EUROMECH 46

«Numerical and Experimental Investigations of the Stability of Boundary Layers» odbędzie się w dniach 4-8 marca 1974 w Oberwolfach (NRF). Komitetowi Organizacyjnemu przewodniczą profesorowie R. EPPLER i F. X. WORTMANN. Zgłoszenia z podaniem tytułu referatu należy złożyć najpóźniej do 1 grudnia pod adresem: Prof. Dr. R. EPPLER, Institut A. für Mechanik, Universität Stuttgart, D 7 Stuttgart 1, Keplerstr. 17, NRF.

KONFERENCJA SZKOLENIOWA nt. TERMOPLASTYCZNOŚĆ

Jabłonna 18-27 czerwiec 1973

Staraniem Biura Kształcenia i Doskonalenia Kadr Naukowych PAN odbyła się w Jabłonie w dniach 18-27 czerwca 1973 r. konferencja poświęcona teorii termoplastyczności i jej zastosowaniu.

Celem konferencji było zapoznanie słuchaczy z najnowszymi osiągnięciami naukowymi w zakresie termodynamiki procesów nieodwracalnych i termoplastyczności oraz przedstawienie tych zagadnień w szerokim aspekcie zastosowań praktycznych.

Otwierając konferencję członek korespondent PAN prof. A. SAWCZUK omówił jej cele i zadania oraz rolę i znaczenie teorii termoplastyczności. Podkreślił, że niniejsza konferencja jest kontynuacją cyklu konferencji, które poświęcone były termodynamice, lepkoplastyczności, zagadnieniom dynamiki ośrodków niesprężystych, a które były regularnie organizowane przez prof. P. PERZYŃĘ z IPPT PAN. Ambicją organizatorów było połączenie zaawansowanej teorii z praktycznymi zastosowaniami, a więc również w pewnym sensie doprowadzenie tego szczególnego działu mechaniki, jakim jest termoplastyczność, do zastosowań.

Termoplastyczność i termopęzanie są już od dawna w krajach o nowoczesnej technologii dziedzinami nie tylko rozważań teoretycznych, ale wręcz działalności projektowej. Technologia reaktorowa, przemysł chemiczny nie mówiąc już o aero- i astronautyce są odbiorcami wyników mechaniki i termodynamiki. W naszym kraju przemysł chemiczny i będąca w załazku energetyka jądrowa narzucają konieczność rozwijania różnych działów termomechaniki. Termoplastyczność jest jedną z dyscyplin, której rozwój postulowany był we wnioskach drugiego Kongresu Nauki Polskiej.

Tematyka konferencji obejmowała oprócz podstaw termodynamiki procesów nieodwracalnych i ogólnego matematycznego opisu materiału fizyczne podstawy termoplastyczności i termolepkoplastyczności, zagadnienia jednoznaczności i twierdzenia ekstremalne w termoplastyczności jak również zastosowania omawianych teorii do rozwiązywania statycznych i dynamicznych zagadnień termoplastyczności i zbadania problemów przystosowania się konstrukcji do zmiennych obciążeń i zmiennej temperatury.

Wykładowcami byli znani polscy i zagraniczni specjaliści w zakresie zagadnień termodynamiki i termoplastyczności: dr hab. A. BAŁTOW (Sofia, Bułgaria), prof. D. A. GOKHFELD (Czelabińsk, ZSRR), prof. J. KESTIN (Providence, USA), prof. P. PERZYNA (IPPT PAN), dr B. RANIECKI (IPPT PAN), prof. A. SAWCZUK (IPPT PAN), prof. C. TEODOSIU (Bukareszt, Rumunia) oraz prof. H. ZIEGLER* (Zurich, Szwajcaria). Za-

*) Profesor H. ZIEGLER z powodu nagłej choroby nie mógł wziąć udziału w Konferencji, lecz jego wykłady będą wydrukowane w książce wydanej przez Ossolineum.

pewnienie ich udziału w konferencji dało możliwość szerokiej konfrontacji różnych kierunków w omawianych dziedzinach.

Prof. J. KESTIN w wykładzie swym pt. *Rola termodynamiki w termoplastyczności* podał najpierw zwięzłe przedstawienie termostatyki, kładąc szczególny nacisk na procesy równowagi w kontinuum ciała stałego, a następnie rozszerzył termoplastykę na układy ciągłe, podlegające procesom nieodwracalnym (termodynamikę). Uogólnienie to otrzymano przez przyjęcie zasady stanu lokalnego w duchu klasycznej teorii procesów nieodwracalnych de Groota-Meixnera-Prigoginae'a.

Przedstawione w wykładzie idee zostały zastosowane do procesów plastycznych w metalach dając w efekcie zarys termodynamicznej teorii lepkoplastyczności.

Wykład prof. P. PERZYNY pt. *Fizykalna teoria lepkoplastyczności* dotyczył matematycznych teorii opisu materiałów. W pierwszej jego części przedstawiono termodynamiczną teorię materiałów sprężysto-plastycznych wrażliwych na prędkość odkształcenia. Sprężenie efektów termomechanicznych w materiałach niesprężystych: plastycznych i lepkoplastycznych, ma doniosłe znaczenie w wielu problemach praktycznych współczesnej techniki, natomiast ich właściwy opis jest możliwy dzięki wykorzystaniu termodynamiki procesów nieodwracalnych.

Wykorzystując koncepcję parametrów wewnętrznych (wewnętrznych zmiennych stanu) prof. PERZYNA zbudował teorię termodynamiczną, opisał zachowanie się materiałów dysypatywnych, podlegających skończonym (dużym) deformacjom i zmianom temperatury w pełnym zakresie prędkości odkształcenia. Analiza mechanizmów odpowiedzialnych za plastyczne płynięcie materiałów była podstawą do zaproponowanych przez wykładowcę równań ewolucji dla parametrów wewnętrznych. Porównanie wyprowadzonych związków z dostępnymi wynikami badań eksperymentalnych potwierdziło słuszność przyjętych założeń.

Druga część wykładu prof. PERZYNY, oparta na wspólnej pracy z drem W. KOSIŃSKIM, poświęcona była problemowi ścisłego matematycznego sformułowania ogólnej teorii ośrodka odkształcalnego w ramach teorii mechanicznej, wolnej od potrzeby wyboru układu i przestrzeni odniesienia.

Podstawowym pojęciem obok pojęcia elementu ciała, występującym w tej teorii, jest przestrzeń metody przygotowania. Wprowadzona ona została jako zbiór dodatkowych wielkości potrzebnych do jednoznacznego związania z każdym procesem deformacji (bodźcem) procesu naprężenia (reakcji) w postaci pary zgodnej z relacją konstytutywną opisywanego ośrodka ciągłego. Przestrzeń stanów, zdefiniowana za pomocą przestrzeni konfiguracji i metody przygotowania, została zilustrowana trzema przykładami: materiału prostego z pamięcią, materiału typu różniczkowego i materiału z parametrami wewnętrznymi.

Prof. C. TEODOSIU w wykładzie pt. *Sprężysto-lepkoplastyczne zachowanie się pojedynczych kryształów* przedyskutował zjawiska plastyczności i lepkoplastyczności materiałów na podstawie defektów siatki, w szczególności dyslokacji i defektów punktowych. Po krytycznym przeglądzie aktualnych osiągnięć w dziedzinie mikrodynamiki lepkoplastycznego płynięcia wykazał, że fizyczne obserwacje w skali mikroskopowej mogą dostarczyć wielu wskazówek dla makroskopowej teorii ośrodka odkształcalnego.

Pośród głównych zagadnień szczegółowo zostały przedyskutowane następujące: termicznie aktywany ruch dyslokacji w pojedynczych kryształach, współdziałanie potencjałów stowarzyszonych z różnymi typami lokalnych przeszkód oraz zależność między makroskopową lepkoplastyczną prędkością odkształcenia a ruchem dyslokacji.

Druga część wykładu dotyczyła makroskopowej teorii sprężysto-lepkoplastycznego odkształcenia pojedynczych kryształów. Wykazano, że dystorsja lepkoplastyczna jest całkowicie zdeterminowana przez ruch dyslokacji. Termosprężyste równania konstytutywne zostały wyprowadzone przy założeniu, że jako zmienne niezależne, oprócz zmiennych klasycznych, występuje układ wewnętrznych zmiennych stanu, mianowicie gęstość dyslokacji we wszystkich układach poślizgu i koncentracja defektów punktowych na jednostkę masy. Niesprężyste równania konstytutywne i warunki aktywacji zaproponowane zostały dla obydwu teorii plastyczności, zarówno uwzględniającej jak i nie uwzględniającej efektu prędkości odkształcenia.

Zagadnienia jednoznaczności i twierdzenia ekstremalne w termoplastyczności były treścią wykładu dra B. RANIĘCKIEGO. Nawiązując do powszechnie stosowanych stowarzyszonych nieizotermicznych praw plastycznego płynięcia Pragera zbudowano podstawy termodynamiczne teorii plastyczności. Stan termodynamiczny opisano przyjmując w charakterze niezależnych parametrów temperaturę, tensor naprężenia

i tensor odkształceń plastycznych. Związki fenomenologiczne (prawa płynięcia) otrzymane zostały przy wykorzystaniu zasady «minimalnych nieodwracalnych sił termodynamicznych» Zieglera.

Sformułowano sprzężony problem termoplastyczności oraz podano warunki wystarczające dla istnienia jednoznacznego rozwiązania. Warunki te mogą być bezpośrednio wykorzystane do badania obciążeń krytycznych, przy których następuje rozdwojenie (bifurkacja) stanu równowagi, spowodowane ciepłem dysypacji.

Zasady wariacyjne w sprzężonej termoplastyczności zostały opracowane przy pominięciu efektu piezoelektrycznego oraz rozszerzalności cieplnej. Przedyskutowano również zasady wariacyjne w niesprężonej termoplastyczności.

Na przykładzie fal płaskich pokazano wpływ sprzężeń termodynamicznych na prędkość propagacji fal (w warunkach adiabatycznych). Przedyskutowano również wpływ rozszerzalności cieplnej na profil fali sprężysto-plastycznej, generowanej przez impuls mechaniczny w obecności silnie niestacjonarnego pola temperatur.

Zastosowanie omówionych wyżej teorii termoplastyczności do rozwiązywania statycznych zagadnień termoplastyczności przedstawił prof. A. SAWCZUK w wykładzie pt. *Analiza rozwiązań zagadnień brzegowych w termoplastyczności*. Zakres tych zagadnień jest bardzo szeroki i obejmuje różne dziedziny współczesnej techniki i technologii — od metalurgii poczynając poprzez inżynierię nuklearną i aeronautykę aż do projektowania konstrukcji i kształtowania metali. W jednym przypadku jest to pole naprężeń resztkowych spowodowane hartowaniem lub przemianą fazową, kiedy indziej zaś — wzrost objętości materiału wskutek cyklicznego strumienia ciepła przy ustalonym obciążeniu mechanicznym (ratchetting). Zjawiska te mają duży wpływ na wymiarowanie części maszyn i dlatego powinny być uwzględniane przy ich projektowaniu.

Różnorodność zastosowań wymaga m.in. analizy wpływu wzmocnienia materiału, zmienności granicy plastyczności wraz z temperaturą lub przenoszenia ciepła przez powierzchnię na aktualny lub resztkowy stan naprężenia, na wyczerpanie nośności granicznej lub trwałe deformacje.

W wykładzie rozpatrzone zostały niesprężone zagadnienia termomechaniczne. W tego typu zagadnieniach temperatura wchodzi do związków «naprężenie-odkształcenie» jedynie przez dylatację termiczną oraz może wpływać na stałe materiałowe. Zatem rozwiązanie problemu analizy naprężeń cieplnych, niezależnie od własności materiału, uzyskuje się w dwóch krokach. Najpierw rozwiązuje się problem brzegowy przewodnictwa, a następnie, znając pole temperatury, formuluje i rozwiązuje się mechaniczny problem brzegowy. Jeśli stałe materiałowe zależą od temperatury, to otrzymuje się w zasadzie ośrodek niejednorodny. W wielu zagadnieniach praktycznych rozkład temperatury jest na ogół dany na stałym brzegu konstrukcji lub jej elementów. W przeciwnym razie w takich przypadkach jak solidifikacja (krzepnięcie) lub topnienie powstaje problem poruszającego się brzegu.

Główne cechy analizy naprężeń termoplastycznych wykazano szczegółowo na przykładzie sprężysto-plastycznej kuli. Rozważano zarówno ustalone jak i zmienne pole temperatury. Przyjmując sprzężone równania termoplastyczności uwzględniono efekt powierzchniowego przenoszenia ciepła.

Omówione zostało zachowanie się metali przy cyklicznych obciążeniach termicznych, a w szczególności zjawisko kumulacji odkształceń plastycznych (ratchetting). Podana została analiza tego zjawiska w przypadku powłoki walcowej.

Zagadnieniom dynamicznym w infinitezymalnej teorii termolepkoplastyczności był poświęcony wykład dra A. BAŁTOWA.

Po wstępnej analizie różnych równań konstytutywnych, opisujących sprzężone efekty termiczne i mechaniczne, przeprowadzono dyskusję takich efektów, jak wzmocnienie materiału, anizotropia odkształcenia, efekty termiczno-falowe. Główny nacisk położono na analizę matematyczną równań opisujących dynamiczne zagadnienia w termo-lepkoplastyczności. Matematycznie zagadnienia te zostały sprowadzone do układów równań różniczkowych cząstkowych pierwszego rzędu. Wyprowadzono warunki charakterystyczne, znaleziono ich elementy charakterystyczne i układy charakterystyczne. Podano również twierdzenia wariacyjne dla dynamicznej teorii termo-lepkoplastyczności.

Szczegółowo zbadane zostały zagadnienia rozprzestrzeniania się fal uderzeniowych i fal przyspieszenia, gdy pole temperatury zmienia własności lepkie i plastyczne materiału. Podano warunki ciągłości różnego rodzaju i rzędu. Wyprowadzono równania ewolucji dla skoków propagujących się na czole fali wielkości. Przeprowadzono szczegółową dyskusję przydatności różnych metod rozwiązywania dynamicznych zagadnień termoplastyczności.

Na zakończenie rozpatrzono przypadek płaskiego stanu odkształcenia. Znalaziono wszystkie elementy charakterystyczne, prędkości propagacji fal oraz warunki na powierzchniach charakterystycznych i falowych. Szczegółowe rozwiązania podano dla rury grubościennej i dla półprzestrzeni.

Prof. D. GOKHFELD w wykładzie pt. *Teoria przystosowania konstrukcji sprężysto-plastycznych i jej niektóre zastosowania* przedstawił aktualny stan teorii przystosowania łącznie z twierdzeniami oraz podał możliwości wykorzystania tej teorii do adekwatnego opisu głównych zjawisk powstałych wskutek powtórnych izotermicznych i nieizotermicznych obciążeń konstrukcji sprężysto-plastycznych. Zjawiska te zilustrowane zostały na prostych układach prętowych (modelach) jednoparametrowych a następnie dwuparametrowych (w zależności od liczby parametrów określających rozkład obciążeń własnych). Określono warunki graniczne, odpowiadające przejściu od przystosowania do każdego z podstawowych stadiów plastycznego odkształcenia cyklicznego (znakoprzemienne płynięcie, postępujące zniszczenie).

Przedstawiono nową interpretację podstawowych statycznych i niestatycznych twierdzeń (MELAN, 1938; KORTER, 1956), sprowadzającą zagadnienie przystosowania konstrukcji do zagadnienia nośności granicznej fikcyjnego ciała niejednorodnego przy stałych składowych obciążeniu. Fikcyjne powierzchnie płynięcia określane są uprzednio w każdym punkcie ciała przy uwzględnieniu przyłożonych zmiennych naprężeń.

Dyskutowane były warunki pojawienia się postępującego odkształcenia, w szczególności przy cyklicznych działaniach pola temperatury. Dyskusja ta pozwala określić typy pól odpowiadających w tym przypadku własnościom stanu granicznego.

Analizowano problem zmiennych uogólnionych w zagadnieniach przystosowania oraz omawiano sposoby skonstruowania fikcyjnej powierzchni płynięcia w siłach uogólnionych.

Przedstawiono krótki przegląd ścisłych i przybliżonych metod rozwiązywania zagadnień teorii przystosowania. Jako przykłady rozpatrzono zagadnienia o przystosowaniu się tarczy wirującej, płyty kołowej i powłoki kulistej przy cyklicznych działaniach obciążenia mechanicznego i pola temperatury.

Poziom wykładów ocenić należy bardzo wysoko. O zainteresowaniu słuchaczy wykładami mogą świadczyć codzienne długie dyskusje nie tylko w czasie na nie przeznaczonym, lecz również w chwilach wolnych od zajęć.

Prowadzone też były seminaria, na których przedstawione zostały niektóre nowe koncepcje i rozwiązania z dziedziny teorii i zastosowań termoplastyczności.

Teksty wykładów, przygotowane specjalnie na konferencję szkoleniową, zostaną opublikowane przez Ossolineum i stanowiąc będą przy braku specjalnej monografii poświęconej termoplastyczności wartościową pomoc naukową i dydaktyczną.

Konferencja zgromadziła 37 uczestników z Polski, głównie z Instytutów PAN (24 osoby, w tym — IPPT 21, Inst. Geofizyki — 2, IBW — 1) i Politechnik (13 osób — z Politechniki Krakowskiej — 4, Warszawskiej — 3, Gdańskiej — 2, z WAT — 2 oraz z Politechniki Wrocławskiej i Poznańskiej po-1.

Józef Bejda (Warszawa)

SPRAWOZDANIE Z DZIAŁALNOŚCI POLSKIEGO TOWARZYSTWA MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ W II KWARTALE 1973 R.

W okresie sprawozdawczym zorganizowano 17 zebrań i sesji naukowych, na których wygłoszono 23 referaty

Lp.	Data	Prelegent	Temat	Liczba	
				uczest- ników	dysku- tantów
Oddział w Bydgoszczy					
1	27.04.73	B. SIOLKOWSKI	Stateczność techniczna na przykładzie mieszadła dla cieczy	14	5
2	27.04.73	T. WYSOCKI	Zniekształcenie impulsów przy pomiarze obciążeń udarowych	14	4

Oddział w Częstochowie				
3	02.05.73	Z. WESOŁOWSKI	Stateczność elementów sprężystych poddanych dużym odkształceniom	16 3
Oddział w Gdańsku				
4	10.04.73	K. SOB CZYK	Stochastyczny problem brzegowy propagacji fal	brak danych
Oddział w Gliwicach				
5	03.05.73	J. SZARGUT	Zagadnienia termoeconomiczne ochrony środowiska	18 6
Oddział w Krakowie				
6	11.04.73	O. W. ŁUŻNIN (Moskwa)	Drgania przekryć tarczownicowych	28 5
7	03.05.73	J. HULT	Wybrane zagadnienia teorii pełzania	32 8
8	29.06.73	D. GOCHFELD (ZSSR)	Teoria plastycznego przystosowania się konstrukcji przy obciążeniach cieplnych	16 5
Oddział w Łodzi				
9	03.05.73	H. ZORSKI	Statystyczna teoria dyslokacji	17 5
10	17.05.73	A. DRESCHER T. HÜCKEL	Nieliniowy opis deformacji sprężysto-plastycznych ciał rozdrobnionych	15 4
11	14.06.73	ST. SPRYSZYŃSKI	Stateczność dynamiczna skręcanej powłoki walcowej	14 5
Oddział w Poznaniu				
12	07.05.73	Z. BYCHAWSKI	Pewne zagadnienia konstrukcji powierzchniowych	25 5
Oddział w Szczecinie				
13	25.04.73	M. KMIECIK	Wpływ odkształceń i naprężeń pospawalniczych na nośność graniczną płyt okrętowych	23 8
14	31.05.73	K. SZMIDT, W. PACZKOWSKI	Aktualne problemy mechaniki komputerowej w Polsce	20 7
15	14.06.73	B. KUŹNIEWSKI	Zagadnienia kinematyki ciała sztywnego w badaniach sztywności maszyn	22 12
Oddział w Warszawie				
(zebrania w formie sesji naukowych)				
16	02.04.73	„Metody geometryczne w analizie konstrukcji cienkościennych” S. ŁUKASIEWICZ	Metody geometryczne w analizie bardzo dużych ugięć powłok	
17	02.04.73	W. SZYSZKOWSKI	Bardzo duże ugięcia ściskanej osiowo powłoki walcowej i stożkowej	
18	02.04.73	J. ZWOLIŃSKI	Zagadnienia projektowania połączeń metodami geometrycznymi	18 5
19	21.05.73	„Problemy drganiowo-przepływowe” R. GUTOWSKI	Metody badania własności rozwiązań równań ruchu układów mechanicznych i pewne ich zastosowania	
20	21.05.73	W. ŁUCJANEK	O pewnej metodzie pomiaru pochodnych aerodynamicznych	
21	21.05.73	L. LAUDAŃSKI	Analiza obciążeń odkształcalnej konstrukcji poddanej losowym zakłóceniom	
22	21.05.73	K. ARCZEWSKI	Topologiczna analiza mechanicznych drgających układów liniowych metodą liczb charakterystycznych	17 8

Oddział we Wrocławiu

23 07.05.73 B. OKOŁÓW

Ocena efektów reologicznych metodą elementów skończonych

23

5

Seminaria i kursy

Oddział w Gdańsku przeprowadził seminarium na temat „Metody elementów skończonych”. Seminarium prowadzili — Prof. B. Kowalczyk i Doc. J. Kruszewski. Wykłady, po 2 godziny tygodniowo, trwały przez 2 semestry. W seminarium wzięło udział około 80 uczestników.

Oddział w Poznaniu przeprowadził kurs na temat „Problemy reologii nieliniowej”. Kurs trwał od 2 do 11 kwietnia. Odkładano się 9 wykładów z udziałem 18 uczestników.

Działalność organizacyjna

Liczbę członków w poszczególnych Oddziałach PTMTS ilustruje następująca tabela:

Lp.	Oddział	stan na koniec I kw. 1973 r.	stan na koniec II kw. 1973 r.	przybyło lub ubyło w okresie sprawozdawczym
1	Bydgoszcz	18	18	—
2	Częstochowa	24	25	+1
3	Gdańsk	44	45	+1
4	Gliwice	63	82	+19
5	Kraków	75	65*)	-10
6	Łódź	36	36	—
7	Poznań	52	51**)	-1
8	Rzeszów	11***)	11***)	—
9	Szczecin	30	31	+1
10	Warszawa	197	201	+4
11	Wrocław	62	64	+2
	Razem	612	629	+17

*) 1 przeniesienie, 9 skreśleń na skutek zaległości w opłacaniu składek członkowskich;

***) 1 członek zmarł;

***) dane z końca roku 1972 wobec braku dalszej sprawozdawczości.