# BIULETYN INFORMACYJNY

## MECHANIKA WSPÓŁCZESNA I JEJ ZASTOSOWANIA

### 1. Streszczenie

Mechanika mając swój starożytny rodowód jest żywą i dynamicznie rozwijającą się dziedziną wiedzy i badań. Żywotność mechaniki wynika z jej istoty jako nauki o prawach ruchu i spoczynku wraz z zastosowaniami tych praw w ogólnie pojętej działalności człowieka. Ta dość ogólna definicja mechaniki zawiera w sobie niezwykle ważne praktycznie prawa ruchu i odkształcania się ośrodków materialnych poddanych działaniu różnorodnych obciążeń pochodzących od sił, ciepła czy pól elektro–magnetycznych.

Uniwersalny charakter praw mechaniki wpływa na skalę rozpiętości badanych problemów. Rozpiętość ta jest niemal nieograniczona. Od skali określanych zasięgiem zjawisk astronomicznych, do zjawisk, których skalę określają wymiary drogi elektronów. Równie rozległa jest skala zastosowań. Od zagadnień związanych ze sterowaniem okrętami, samolotami i technologiami po zjawiska zachodzące pomiędzy cząsteczkami walcowanego materiału. Od ruchu wody w oceanach po przepływ krwi w naczyniach krwionośnych. Od stacji kosmicznych i platform morskich po elementy elektroniki o wysokim stopniu integracji, dla których odkształcenia cieplne stanowią granicę niezawodności. Od własności i zachowań lodu, skal, lawin i uprawy gleby po nowoczesne materiały ceramiczne i kompozytowe. Od energooszczędnych procesów membranowych po sztuczne organy jak serce, płuco czy kończyny. Od ograniczeń emisji zanieczyszczeń po generatory magnetohydrodynamiczne.

Zarysowana rozpiętość problemów poparta odrobiną wyobraźni daje obraz ogromu zagadnień, których poznanie bądź rozwiązanie wymaga ingerencji praw mechaniki. W szczególności unaocznia ogrom zagadnień, w których postęp będzie uzależniony od postępu w mechanice.

Mechanika, podobnie jak inne nauki przyrodnicze, ma dwa główne cele: poznanie i zrozumienie praw rządzących otaczającymi nas zjawiskami oraz wyrażenie tych praw poprzez formuły matematyczne, tak aby mogły one być praktycznie zastosowane. Osiągnięcie tych celów wymaga aby badania w mechanice były wynikiem wzajemnego oddziaływania matematyki, eksperymentu, modelowania fizycznego i metod komputerowych. Matematyka zawsze grała istotną rolę i będzie nadal miała znaczący wpływ na rozwój mechaniki. Zresztą i na odwrót, problemy mechaniczne miały i dalej mieć będą inspirujący wpływ na wiele działów matematyki. Eksperyment jest również jednym z głównych czynników rozwoju mechaniki. Umożliwia on obserwację badanych zjawisk w naturze jak również umożliwia weryfikację hipotez teoretycznych. Trzecim istotnym czynnikiem w rozwoju badań mechanicznych stały się w ostatnim dwudziestoleciu komputery. Grają one szczególną rolę w mechanice ze względu na szeroki obszar problemów dla których otrzymanie rozwiązań analitycznych jest praktycznie niemożliwe. Umożliwiają one nie tylko analizę, ale również syntezę, identyfikację i symulację.

Mechanika coraz częściej stanowi jeden z elementów zagadnień interdyscyplinarnych. W zagadnieniach tych prawa mechaniki stanowią tylko część informacji niezbędnych do poznania bądź rozwiązania danego problemu. Problemy interdyscyplinarne coraz częściej kierują na siebie uwagę, gdyż mają często silne aspekty zastosowań. Klasyczne podziały dyscyplinarne spowodowały powstanie luki w tym względzie. Niniejsze opracowanie zawiera szereg przykładów sprzężeń interdyscyplinarnych, takich jak piezo–elektryka, spalanie, czy przepływ krwi w naczyniach krwionośnych.

Przedstawiony powyżej zakres oddziaływań praw mechaniki na poznanie zjawisk i zastosowania praw nimi rządzących powodują dalszy intensywny rozwój tej dyscypliny na

świecie. Polska mechanika ma nie mały udział w tym rozwoju. Autorytet polskiego środowiska mechaników w międzynarodowej społeczności naukowej wynika z szeregu faktów. Polska reprezentowana jest w międzynarodowych czasopismach nie tylko poprzez liczne publikacje. W pracach kolegiów redakcyjnych tych czasopism uczestnicy wielu naszych kolegów. Polskie monografie z mechaniki tłumaczone na języki obce wysunęły się na czoło polskiej literatury naukowej reprezentowanej w czolowych witrynach wydawniczych świata. Międzynarodowa Unia Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej (IUTAM) włączyła nas do grupy ośmiu krajów, których komitety narodowe promują własne prace na kongresy tej Unii. Od lat conajmniej jeden z kilkunastu referatów na tych kongresach jest autorstwa polskiego.

Znana sytuacja ekonomiczna kraju powoduje, że potencjal środków i wyposażenia badawczego nie idzie w parze z potencjalem intelektualnym polskiej mechaniki. Stanowi to zagrożenie podobne do zagrożenia w rozwoju innych dyscyplin, które w Polsce mają znaczące osiągnięcia. Niezależnie od zagrożeń ekonomicznych należy stale zwracać uwagę na stale aktualizowanie tematyki badawczej zgodnie z trendami światowymi i przewidywanymi zapotrzebowaniami przemysłu w najbliższych latach. Polski przemysł jest w znacznym stopniu obecnie, i pozostanie na wiele lat, przemysłem mechanicznym. Oznacza to, że jego unowocześnienie będzie wymagało nie tylko sięgania po drogie licencje zagraniczne, ale również rozwijania rodzimej myśli naukowej, w której mechanika będzie odgrywać znaczącą rolę. Jednakże w najbliższym czasie nasz przemysl przechodzący daleko idącą restrukturyzację, w tym reprywaryzację, nie będzie w stanie wspierać ważniejszych badań naukowych. Dlatego zarówno na budżecie państwa jak i na środowisku mechaników spoczywa ważna odpowiedzialność nie powiększania dystansu do mechaniki światowej a pośrednio i techniki światowej. Wiąże się to nie tylko z finansowaniem i odpowiednią organizacją badań, ale również szkoleniem młodej kadry naukowej, a w szczególności kształceniem inżynierów. Mechanika stanowi bowiem pomost pomiędzy matematyką a procesami projektowania, jako że zrozumienie praw mechaniki jest niezbędne dla zrozumienia współcześnie rozwijającego się postępu technicznego. Jako negatywne zjawisko należy więc uznać ograniczanie godzin wykładowych z mechaniki, głównie na rzecz przedmiotów szczegółowych, podawanych w formie encyklopedycznej.

Przedstawione opracowanie jest próbą łącznego omówienia kierunków badawczych, zastosowań i szkolenia w zakresie mechaniki. Zachęcamy wszystkich do zapoznania się z jego treścią. Nie tylko tych, dla których pojęcie mechanika ogranicza się do trzech praw Newtona, podawanych w szkole. Zachęcamy do tego również cale środowisko mechaników w celu lepszego uzmysłowienia sobie zasięgu dyscypliny jako całości. W codziennej pracy uchodzi to często naszej uwadze, którą siłą rzeczy koncentrujemy na wąskim wycinku badań jakie prowadzimy. Zachęcamy wreszcie sponsorów, organizatorów badań naukowych oraz władze uczelniane, gdyż od ich decyzji w znacznym stopniu zależy postęp techniczny, w którym mechanika gra tak ważną rolę.

## 2. Wstęp

W dzisiejszym świecie szybkiego postępu w nauce i technice, machanika stanowi jedną z czołowych dyscyplin w tworzeniu nowych wartości cywilizacyjnych i kulturowych. W interdyscyplinarnym powiązaniu glownie z matematyką i fizyką, ale również z informatyką, teorią sterowania, chemią biologią i medycyną, mechanika daje szereg teoretycznych wyników mających istotny wpływ na postęp techniczny. Przykładów praktycznych odziaływań jest wiele. Wyniki badań w mechanice leżą u podstaw nowoczesnych materiałów i technologii. Materiały kompozytowe oraz nowoczesne procesy obróbki plastycznej są tego dobrymi przykładami. Mechanika ma zasadniczy wpływ na projektowanie procesów sterowania w robotyce, inżynierii chemicznej czy lotnictwie. Współczesne wyniki badawcze mechaniki pozwalają lepiej zrozumieć zjawiska zachodzące w atmosferze, ziemi i oceanach, a przez to umożliwiają sterowanie procesami nad ochroną środowiska naturalnego. W ostatnich

dwóch dziesięcioleciach powstała, na gruncie mechaniki, niezwykle wydajna i praktyczna Metoda Elementów Skończonych. Stała się ona zarówno potężnym narzędziem projektowania jak i istotnym instrumentem dla badań teoretycznych.

Szerokie zapotrzebowanie na wyniki badań z mechaniki wynika z jej charakteru jako nauki o prawach ruchu i stanu oraz zastosowania tych praw w projektowaniu konstrukcji, maszyn, procesów technologicznych i w rozpoznawaniu procesów zachodzących w środowisku naturalnym i przyrodzie. Ta dość ogólna definicja mechaniki zawiera w sobie przede wszystkim prawa zachowania ośrodków materialnych i ich zastosowania do różnych warunków panujących w przyrodzie jak i stworzonych przez człowieka. Obejmuje ona również prawa zachowania się złożonych układów dynamicznych występujących na przykład w robotyce i ogólnie pojętych maszynach. Mechanika bada również systemy i układy, w których elementarne zdarzenia mają charakter przypadkowy. Badanie zachowania się takich systemów znajdują swoje analogie w socjologii,naukach ekonomicznych biologicznych. Podobną cechą charakteryzują się zjawiska geofizyczne i występujące we wszechświecie.

Zapotrzebowanie na wyniki badań z mechaniki jest praktycznie nieograniczone. Obejmują one niemal wszystkie dziedziny ludzkiej działalności i poznania od techniki do medycyny, od geomechaniki po astronomię.W dalszym ciągu pozostaje wiele nierozwiązanych i niewyjaśnionych problemów wynikających z coraz to nowych zapotrzebowań praktycznych i poznawczych. Dlatego też i stnieje stała potrzeba prowadzenia i uaktualniania badań zarówno podstawowych jak i stosowanych. Badania podstawowe w mechanice, podobnie jak i innych dyscyplinach, zmierzają do zrozumienia i najczęściej do przedstawienia w ścisłych matematycznych formułach jej praw i określenia ograniczeń w ich zastosowaniach. Z kolei badania stosowane są skoncentrowane na dokonaniu syntezy wyników teoretycznych a ich celem jest wskazanie drogi rozwiązania określonych problemów o znaczeniu praktycznym. Synteza taka stanowi, nierzadko główny, element znacznej większości projektów inżynierskich.

Mechanika światowa odnotowuje w ostatnich dziesięcioleciach znaczący rozwój. Wynika to co najmniej z dwóch przyczyn. Pierwsza z nich to wspomniane już, rosnące zapotrzebowanie gospodarcze i społeczne na wyniki badań w tej dyscyplinie. Druga przyczyna to elektronizacja i informatyzacja badań, które dały mechanice znacznie szersze możliwości badawcze, zarówno teoretyczne jak i doświadczalne, powodując jednocześnie istotne rozszerzenie zakresu wyników badań dostępnych dla praktyki.

Powyższe spostrzeżenia wskazują na konieczność kontynuowania w Polsce intensywnych badań podstawowych i stosowanych w mechanice. Przemysł bazuje bowiem na technologiach w wiekszości opartych na procesach mechanicznych. Jednocześnie produkuje on w szerokim zakresie urządzenia i maszyny wykorzystujące prawa mechaniki (maszyny, statki, samochody, samoloty itp.). W chwili obecnej większość naszego przemysłu nie jest gotowa do wykorzystywania najnowszych osiągnięć naukowych. Jednakże w dającej się przewidzieć przyszłości, wraz ze zmianami gospodarczymi, takie zapotrzebowanie wzrośnie. Z drugiej strony dotychczasowe osiągnięcia polskiej mechaniki i związany z tym jej międzynarodowy autorytet, gwarantują wysoki poziom badań. Da to możliwość szybszej integracji nauki polskiej z czołowymi potęgami naukowymi i technicznymi Europy i świata.

Biorąc powyższe pod uwagę Komitet Mechaniki PAN postanowił opracować niniejszy dokument. Jego celem jest syntetyczne przedstawienie aktualnego obszaru badawczego mechaniki oraz wskazanie na zapotrzebowania na wyniki badań podstawowych w rozlicznych działach gospodarki. Jest on przeznaczony dla środowiska polskich mechaników, organizatorów, sponsorów nauki i inżynierów zainteresowanych wprowadzaniem do praktyki najnowszych wyników badań naukowych. Dokument ten może jednocześnie stanowić podstawę do oceny projektów badawczych z mechaniki w latach 90–tych. Poniższe opracowanie powstało w toku dyskusji na posiedzeniach Komitetu, jego sekcji i zespołów w obecnej kadencji (1988–90). Wzięto przy tym pod uwagę liczne opracowania związane z rozwojem dyscypliny, a wykonane w latach wcześniejszych. Z przeprowadzonej dyskusji wyniknęła potrzeba przedstawienia w zwartej formie szeregu wniosków i zaleceń. Część z nich ma wydźwięk trywialny, niemniej zostały one tu wymienione ze względu na ich wagę.

## 2.1. Wnioski

Komitet stwierdza, że mechanika mająca swój starożytny rodowód, jest jednocześnie żywą i dynamicznie rozwijającą się dyscypliną. Podobnie jak i inne dyscypliny o bardziej ogólnym charakterze, mechanika stoi przed problemami związanymi z ewolucją wewnętrznej struktury badań, upowszechniania ich wyników oraz kształcenia kadry. Problemy te wynikają z niezwykle różnorodnych źródeł tematycznych oraz szerokich zastosowań mechaniki. Ingeruje ona w szerokie spektrum ważnych zagadnień naukowych i technologicznych, a więc pośrednio i ekonomicznych. Obecna aktywność badawcza w tej dziedzinie wskazuje na znaczący rozwój i różnorodność ukierunkowań dyscypliny. W uprzemysłowionych krajach świata odnotowujemy silne powiązania problemów teoretycznych i zagadnień praktycznych. Obecne kierunki badawcze są silnie motywowane przez zastosowania w najnowszej technice. Należy tu jednak zaznaczyć, że motywacje te i powiązania są często rozumiane u nas inaczej niż w tych państwach, gdzie myśl o postępie w nadchodzącym czasie dominuje nad myślą rozwiązywania najbliższych kłopotów technicznych. A oto kilka, naszym zdaniem, najważniejszych cech współczesnej mechaniki:

- Mechanika stanowi podstawę wielu zagadnień interdyscyplinarnych. Niezależnie od jej bezpośredniego wpływu na projektowanie maszyn, materiałów, urządzeń czy procesów technologicznych znajduje ona zastosowania w wielu dziedzinach badawczych. Wymieńmy choćby kilka powiązanych z mechaniką najsilniej. Są to : budowa maszyn, energetyka, inżynieria chemiczna, aeronautyka i astronautyka, nawigacja, teoria sterowania, budownictwo, biomechanika, ochrona środowiska, meteorologia, geofizyka.
- Historycznie matematyka grała istotną rolę i będzie nadal miała znaczący wpływ na rozwój mechaniki. I odwrotnie, badania motywowane przez problemy mechaniczne miały i dalej mieć będą istotny wpływ na wiele działów matematyki.
- Eksperyment był i będzie jednym z głównych elementów rozwoju mechaniki. Bazuje ona bowiem na zjawiskach fizycznych, których poznanie i weryfikacja dotyczących ich hipotez nie jest możliwa bez obserwacji odpowiednich zjawisk w naturze i dokładnego ich badania w laboratorium.
- Rośnie znaczenie komputerów zarówno w badaniach mechanicznych jak i ich zastosowaniach. Bez współczesnych metod komputerowych nie jest możliwe stosowanie w projektowaniu nowoczesnych metod mechaniki. Niemożliwe jest również rozwijanie nowoczesnych metod badawczych z zakresu np. dynamiki nieliniowej.
- Postęp w mechanice jest wynikiem wzajemnego oddziaływania matematyki, eksperymentu, modelowania fizycznego i obliczeń numerycznych. Podstawowy kierunek w mechanice polega na znajdowaniu możliwie prostych i efektywnych reprezentacji matematycznych złożonych zjawisk fizycznych, które są adekwatne do potrzeb analitycznych i numerycznych zastosowań mechaniki.

Podkreślając znaczenie rozwoju mechaniki w Polsce i jej oddziaływanie na gospodarkę i kulturę Komitet Mechaniki PAN pragnie zwrócić uwagę na dwa, niepokojące zjawiska wymagające przeciwdziałania:

- Prawidłowy rozwój mechaniki, a za tym i prawidłowy jej wpływ na gospodarkę wymagają zmodyfikowanego i rychłego działania mającego na celu podniesienie jakości szkolenia studentów jak i "narybku" badawczego w tej dziedzinie. Niebezpieczeństwo tkwi w ograniczaniu i nieaktualizowaniu programów nauczania mechaniki w szerokim tego słowa znaczeniu. Zawęża to w znacznym stopniu możliwość zastosowań aktualnych wyników badań we współczesnej gospodarce wymagającej stałego unowocześnienia. Z drugiej strony obserwujemy spadek napływu młodych, zdolnych absolwentów szkół wyższych do badań w obszarze mechaniki. Bez coraz nowej, utalentowanej młodzieży, rozwój mechaniki, podobnie jak i innych dyscyplin nie jest możliwy.

- Ujemny wpływ na rozwój mechaniki i jej zastosowań ma niezrozumienie przez niespecjalistów roli, jaką odgrywa ta dyscyplina we współczesnym świecie, a w szczególności przy powstawaniu nowych urządzeń i technologii. Zbyt często mechanika jest postrzegana jako wyjałowiona, klasyczna nauka, która wyczerpała swoje możliwości bazując na trzech prawach Newtona podawanych w szkole średniej. Z drugiej strony fascynacja komputerami spycha z pola widzenia na dalszy plan istotę badań podstawowych z mechaniki. Bez tych badań współczesne komputery stają się w wielu dziedzinach jedynie jałowym narzędziem. Nie docenia się tego, że potęga komputera we współczesnej technice zawarta jest często w algorytmach powstałych na bazie wyników badań z mechaniki.

## 2.2. Zalecenia

Mechanika w dalszym ciągu będzie miała decydujący wpływ na rozwój techniki, która z kolei będzie stawiala przed nami nowe problemy. Podobnie mechanika, bazująca w znacznym stopniu na matematyce i fizyce będzie miała wpływ na ich rozwój. Wreszcie mechanika w dalszym ciągu będzie oddziaływać na rozwój dziedzin interdyscyplinarnych, czerpiąc od nich dla siebie nowe ważne i interesujące zadania. Pełne wykorzystanie osiągnięć mechaniki będzie stale wymagało skutecznych działań ze strony mechaników polskich, szkół wyższych jak i organizatorów i sponsorów badań naukowych. W związku z tym zwracamy się:

*Do środowiska mechaników*

- Powinniśmy mieć zawsze na uwadze nowe zastosowania. Historycznie najlepsze prace z mechaniki były motywowane ważnymi potrzebami techniki. Tak też będzie w dającej się przewidzieć przyszłości.
- Powinniśmy poszerzyć nasze związki z innymi dyscyplinami jak matematyka, fizyka, chemia, biologia i medycyna. Niezbędne też jest ściślejsze powiązanie z dziedzinami interdyscyplinarnymi jak budowa maszyn, budownictwo, robotyka, energetyka, inżynieria chemiczna itp.
- Powinniśmy wzmóc nasze wysiłki nad rozszerzeniem własnych badań doświadczalnych. Bez nich szereg teorii może rozminąć się z rzeczywistością. Z drugiej strony bazowanie na eskperymentach zagranicznych nie zawsze daje możliwości zrozumienia zjawisk, a przez to i ich właściwą interpretację.
- Powinniśmy zintensyfikować rozwój i stosowanie metod komputerowych. Modelowanie komputerowe w dużej skali zarówno procesów zachodzących w ośrodkach ciągłych jak i układów dynamicznych pozwoli na lepsze zrozumienie badanych zjawisk, a w wielu przypadkach może zastąpić kosztowne eksperymenty.
- Powinniśmy zwrócić szczególną uwagę na szkolenie młodej kadry badaczy, bez których mechanika, podobnie jak inne dyscypliny, nie może się rozwijać.
- Powinniśmy zmierzać do zespolenia różnych dziedzin mechaniki poprzez lepsze zrozumienie problemów i zjawisk w nich występujących. Celowi temu mogą służyć między innymi seminaria i konferencje szkoleniowe oraz ogólnopolskie konferencje mechaniki. Ważny jest przy tym udział w tych imprezach studentów, doktorantów i początkujących pracowników nauki.

*Do wyższych uczelni*

- Dyscypliny mechaniczne powinny być widziane jako podstawowe dyscypliny nauczania w wyższych szkolach technicznych i na uniwersyteckich wydziałach nauk

ścisłych. Mają one bowiem znaczący wpływ na zrozumienie szeregu wykładów szczegółowych, a przez to lepsze zrozumienie współczesnych problemów interdyscyplinarnych wynikających ze współczesnego rozwoju techniki. Mechanika stanowi przez to swoisty pomost pomiędzy matematyką a techniką.

- Znacząca ingerencja dyscyplin mechaniki w wielu dziedzinach nauki i techniki uzasadnia zapewnienie odpowiedniej liczby godzin wykładowych i stale aktualizowanych programów nauczania. Należałoby w tym względzie, korzystać z doświadczeń innych państw oraz opinii zorganizowanych środowisk jak Komitet Mechaniki PAN i Polskie Towarzystwo Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej.
- Prawidłowy rozwój mechaniki jest uwarunkowany szkoleniem doktorów, zarówno o orientacji badań podstawowych jak i stosowanych. Ważne jest jednak przy tym, aby studenci o orientacji podstawowej mieli kontakt z problemami zastosowań. I odwrotnie, doktoranci pracujący w obszarze zastosowań powinni mieć dobre rozeznanie w wynikach badań podstawowych.
- Należy dokładać starań o unowocześnianie bazy laboratoryjnej i komputerowej uczelni. Bez tego nauczanie i badania w obszarze mechaniki mają ograniczone skutki.

*Do organizatorów i sponsorów naukowych*

- Zarówno badania podstawowe jak i inżynierskie zastosowania mechaniki powinny stanowić nieodłączną część inicjatyw badawczych w wielu obszarach techniki i nauki (nowe materiały, mowe procesy technologiczne, robotyka, energetyka, ekologia, agromechanika itp.). Ze względu na szeroką stosowalność swych praw, mechanika jest często wiodącą nauką w rozwiązywaniu tych problemów.
- Obecny program badań z mechaniki, o szerokim zakresie zastosowań, powinien być utrzymany i wzmocniony. Jest to niezbędne, niezależnie od przyszłych form organizacyjnych badań naukowych, tzn. niezależnie czy pozostaną w mocy programy centralne, czy powstaną programy lokalne, czy powstaną programy indywidualne w postaci grantów. Pragniemy przy tym zwrócić uwagę, że nie jest możliwe ścisłe określenie, które kierunki badań podstawowych przyniosą lepsze lub ważniejsze rezultaty. Trzeba wspierać wszystkie dobre, w skali międzynarodowej, zespoły.
- Niezależnie od przeciętnego finansowania badań, niezbędnego, dodatkowego wsparcia wymagają badania eksperymentalne mechaniki. Eksperymenty należy tu rozumieć zarówno w sensie fizycznym (laboratoria) jak i numerycznym (komputery).
- Należy zachęcić do wymiany myśli pomiędzy inżynierami, matematykami i mechanikami. Interdyscyplinarne szkoły letnie i konferencje powinny dać okazję inżynierom do zapoznania się z nowymi wynikami badań, a teoretykom do zapoznania sę z zastosowaniami. Ważne jest przy tym, możliwie szerokie wykorzystanie współpracy międzynarodowej.

## 3. Mechanika współczesna

### 3.1. Istota mechaniki

Mechanika jest nauką o prawach rządzących ruchem lub spoczynkiem oraz zastosowaniem tych praw w ogólnie pojętej działności ludzkiej. Charakterystyczna jest przy tym ogromna rozpiętość badanych problemów. Od skali określanych zasięgiem zjawisk astronomicznych do zjawisk, których skale określają wymiary drogi elektronów. Ten niemal

nieograniczony obszar zainteresowań mechaników zmusza do dokonywania jej podziałów na subdyscypliny. Jednakże wszystkie podziały, tak klasyczne jak i współczesne powinny być widziane jako dowolne i nie wytyczające ostrych granic. Podziały te wynikają zresztą nie tylko ze wspomnianej skali zjawisk, ale również z różnorodnych własności rozpatrywanych ośrodków materialnych jak i różnych metod badawczych.

Skale zjawisk wydzieliły na jednym skraju astronomię jako mechanikę ciał niebieskich. Na drugim skraju znalazła się mechanika kwantowa, zajmująca się ruchem elektronów, protonów, neutronów i innych cząstek elementarnych w atomach i molekułach. Zakres mechaniki będący obszarem zainteresowań Komitetu Mechaniki PAN oraz niniejszego dokumentu znajduje się pomiędzy tymi dwoma skrajnymi subdyscyplinami z ich wykluczeniem. Tak więc omawiana tu mechanika obejmuje problemy od mechaniki cząsteczek po zagadnienia w skali Ziemi jaką jest mechanika atmosfery (meteorologia).

Mechanika podobnie jak i inne nauki przyrodnicze ma dwa główne cele: poznanie i zrozumienie praw mechaniki, które rządzą zjawiskami oraz wyrażanie tych praw poprzez formuły matematyczne tak aby mogły być praktycznie zastosowane. We współczesnej mechanice pojęcie "zastosowanie" należy rozumieć w szerokim tego słowa znaczeniu, tj. jako problemy "wprost" i "odwrotne". Przez "wprost" rozumiemy zagadnienia, w których dane są obciążenia i inne czynniki zewnętrzne, np. warunki brzegowe, a poszukujemy zachowania się ciał lub ośrodków materialnych pod ich działaniem (analiza). W zagadnieniach "odwrotnych" z kolei poszukujemy takich obciążeń i czynników zewnętrznych aby uzyskać zamierzone zachowanie się projektowanego obiektu materialnego. Problemy "odwrotne" mechaniki stanowią znaczący obszar zainteresowań współczesnej teorii sterowania i optymalizacji.

Poniżej przedstawione zostały trzy główne działy mechaniki umownie nazwane mechaniką analityczną, mechaniką ciała stałego i mechaniką płynów (cieczy i gazów).

Umowność polega na tym, że te same ośrodki materialne w zależności od obciążeń i warunków zewnętrznych (temperatura, prędkość odkształcenia) mogą mieć cechy np. ciała stałego lub cieczy. Innymi słowy podział związany jest raczej z metodą badawczą ośrodka w określonym stanie.

## 3.2. Mechanika analityczna

Pierwszym z obszarów badań w mechanice analitycznej jest *kinematyka* zajmująca się opisem ruchu bez uwzględnienia sił powodujących ruch lub zeń wynikających. Umożliwia ona znajdowanie relacji pomiędzy położeniami w przestrzeni punktów ciał sztywnych i ich prędkościami i przyspieszeniami oraz czasem. Jest to możliwe tylko w przypadku ruchów ciał stywnych z więzami. W ruchu bez więzów tor, prędkość i przyspieszenia określane są przez działające na ciało siły i warunki początkowe.

Drugim polem zainteresowań mechaniki analitycznej jest ruch *ciała sztywnego*, w którym w odróżnieniu od ciała odkształcalnego, odległość jego dwóch dowolnych punktów jest stała, niezależnie od rodzaju ruchu i obciążeń zewnętrznych. Badania w tym zakresie związane są z pojęciami siły, masy, pracą wirtualną i przemieszczeniami wirtualnymi. Wiaże się to z poszukiwaniem relacji pomiędzy przyspieszeniami i siłami zewnętrznymi lub pracą wirtualną sił zewnętrznych i wewnętrznych.

Współcześnie rozwijana jest mechanika systemów ciał sztywnych. Jest to związane z wieloma zastosowaniami, między innymi w automatyce, robotyce i astronomii. Badanie takich układów polega na określeniu połączeń ciał i wzajemnego ich oddziaływania oraz na określaniu wzajemnego ruchu z uwzględnieniem jego niestateczności. Szczególną uwagę badaczy zwraca ostatnio chaos jako dynamika nieliniowa, której prametry w czasie bardzo silnie zależą od małych zmian w warunkach początkowych. Punktem wyjścia do rozważań jest zwykle klasyczny formalizm Lagrange'a lub Hamiltona.

### 3.3. Mechanika ciał stałych

Mechanika ciał stałych obejmuje ciała odkształcalne, a więc takie, które pod działaniem skończonych obciążeń doznają skończonych odkształceń. Różnorodność zachowań się ciał w różnych warunkach prowadzi do wyróżnienia szeregu subdyscyplin, jak np. sprężystości, termosprężystości, plastyczności, termoplastyczności, lepko–sprężystości, lepko–plastyczności, spotykany jest także podział na materiały kompozytowe, wielofazowe, biometeriały, ośrodki porowate itp. Wspólnymi elementami badań ciał odkształcalnych są:
- prawa konstytutywne, (przy różnym stopniu uwzględnienia nieliniowości geometrycznych i materiałowych),
- metody wariacyjne (twierdzenia energetyczne i uogólnienia),
- problemy ogólne (zagadnienia brzegowe, szczególne stany jak rozciąganie, skręcanie itp.).

W mechanice ciała stałego można wyróżnić dwa główne nurty: jeden związany z materiałami, a drugi z zagadnieniami brzegowymi, w których dominują wszelkiego rodzaju konstrukcje i obróbka plastyczna.

*Materiały*

Współczesne technologie i nowoczesne materiały stawiają przed mechaniką materiałów szczególnie ważne i złożone zadania. Na ich czoło w chwili obecnej wysuwają się problemy uszkodzeń i zniszczeń materiałów oraz własności materiałów złożonych jak np. kompozytów. Odpowiednie badania wymagają uwzględniania struktury krystalicznej, wzajemnego oddziaływania ziaren, a nawet rozpatrywania problemów w skali atomowej kryształu, gdy rozpatrywane są mechanizmy dyslokacyjne, tworzenie się mikropustek itp. W wielu przypadkach należy uwzględniać wpływ temperatury na zachodzące procesy i związane z tym przemiany fazowe w stopach. Należy również pamiętać o ważnej grupie zagadnień związanych z mechaniką geomateriałów (grunt, śnieg, lód, minerały).

Bardziej szczegółowo w tematyce materiałowej należy wyróżnić:
- wzmocnienie plastyczne, jego istota, zależność od prędkości deformacji i wpływ na deformację plastyczną,
- pękanie kruche i ciągliwe związane ze zjawiskami lokalizacji i dekohezji, istotne z punktu widzenia obróbki plastycznej i własności nowych materiałów oraz w problemach kontaktowych trybologii,
- zmęczenie nisko- i wysokocyklowe związane z obciążeniami o chrakterze periodycznym (fizyka zjawiska związanego ze zniszczeniem elementów maszyn i konstrukcji nie jest jeszcze w pełni poznana),
- własności materiałów stopowych, wielofazowych, związane m.in. z obróbką cieplną materiałów oraz własności materiałów z pamięcią,
- mechanikę gruntów i ośrodków sypkich, związaną z problemami urabiania gruntu, agrotechniką, transportem materiałów sypkich,
- materiały kompozytowe: własności, projektowanie i badania uszkodzeń i zniszczeń,
- własności materiałów skalnych w procesach kruszenia i urabiania (tąpania).

*Konstrukcje, ich elementy oraz inne zagadnienia brzegowe*

Współczesne metody komputerowe matematyki wraz z metodami elementów skończonych, różnic skończonych i elementów brzegowych znacznie ograniczyły badania w zakresie poszukiwania rozwiązań analitycznych. W znacznym stopniu wyczerpały one liniową analizę numeryczną takich problemów, z wyjątkiem bardziej złożonych zagadnień nieliniowych, zarówno z punktu widzenia geometrycznego jak i materiałowego. Coraz więcej uwagi poświęcanej jest zagadnieniom "odwrotnym", w których poszukuje się własności elementów konstrukcyjnych (materiałowych i kształtu) oraz obciążeń, takich by uzyskać określone stany naprężeń i przemieszczeń. Coraz szersze możliwości w tym zakresie daje wykorzystanie osiągnięć informatyki, elektroniki oraz związany z tym rozwój przekazywania informacji o ruchach i obciążeniach (czujniki). Zaznaczają się w tym zakresie następujące problemy:
- nieliniowe problemy mechaniki konstrukcji z uwzględnieniem różnych charakterystyk materiałów (beton, kompozyty, grunt, termoplastyczne, termosprężyste itp.) drgań, im-

perfekcji wykonania (luzy), utratą stateczności,więzami jednostronnymi,
- optymalizacja konstrukcji, zarówno z punktu widzenia kształtu, konfiguracji przy uwzględnieniu kilku stanów obciążeń i licznych ograniczeniach jak i wielokryterialnych funkcjach celu,
- wrażliwość konstrukcji na zmiany parametrów projektowania i imperfekcje wykonania,
- konstrukcje wiotkie pod działaniem wiatru (aerosprężyste, powłoki pneumatyczne itp.),
- konstrukcje w warunkach ekstremalnych i awaryjnych (zbiorniki kriogeniczne, zagrożenie pożarowe, bezpieczeństwo w energetyce jądrowej itp.),
- sterowanie maszynami (w tym robotami), tłumienie drgań, kinematyka mechanizmów,
- niezawodność konstrukcji i urządzeń mechanicznych.

## 3.4. Mechanika płynów

Współczesna mechanika płynów koncentruje się głównie na następujących zagadnieniach:
- zjawiska powierzchniowe na granicy cieczy i gazu (ruchy falowe na powierzchni w zbiornikach wodnych),
- przepływy nieściśliwe cieczy i gazów (maszyny wodne, wentylatory, ruch powietrza w atmosferze, instalacje i urządzenia przemysłowe, szybowce),
- przepływy ściśliwe poddźwiękowe (samoloty, sprężarki, turbiny, silniki spalinowe itp.),
- przepływy transoniczne (lotnictwo, maszyny przepływowe),
- przepływy naddźwiękowe (lotnictwo, silniki przelotowe),
- przepływy hipersoniczne (w pobliżu prędkości maksymalnej).

W powyższych przepływach należy ponadto wyróżnić ich rodzaj zależnie od tego czy są one:
- laminarne (zjawiska molekularne, ciecze lepkie, ciała uplastycznione),
- turbulentne (naprężenia zależne od rodzaju ruchu, transport masy, pędu, ciepła),
- wielofazowe (turbulentne lub laminarne zależnie od skali) procesy transportu, transport materiałów sypkich i ciał stałych,
- reologiczne (w trakcie przepływu zmiany własności fizycznych cieczy np. zmiana lepkości w funkcji ciśnienia),

oraz ograniczenia geometryczne ośrodka w ruchu:
- przepływy wewnętrzne (w przewodach),
- zewnętrzne (opływ przeszkód i ciał zanurzonych w płynie),
- strumienie swobodne,
- ze swobodną powierzchnią (zbiorniki),
- filtracja (przepływ przez ciała porowate).

W badaniach płynów występuje cały szereg zjawisk charakterystycznych dla tego stanu skupienia materii. Oto kilka najważniejszych:
- zjawiska falowe (fale powierzchniowe, fale uderzeniowe itp.),
- niestateczność przepływu (zmiana przepływu laminarnego na turbulentny, oderwania),
- drgania (pulsacje strumienia, drgania ciał sprężystych w przepływie, wzajemne sprzężenia).

*Charakterystyczne własności płynów*

W płynach deformacje i przemieszczenia dokonane być mogą przy użyciu dowolnie małej siły, jeżeli czas jej działania będzie odpowiednio długi. Aby przyspieszyć proces deformacji należy zwiększyć siłę, stąd zależność naprężeń od prędkości deformacji.

Możliwość znacznych przemieszczeń cząstek płynu w wyniku działania małych sił prowadzi do powstawania zjawisk silnie nieliniowych i w efekcie do turbulencji, w przypadku przekroczenia krytycznej wartości stosunku sił bezwładności do lepkości dla danego przepływu. Znaczne przemieszczenia cząstek uwielokrotniają transport pędu, masy i energii. Rosną naprężenia, intensywność procesów dyfuzji i oddziaływania energetyczne w przepływie.

Wymuszanie przez oddziaływania zewnętrzne, odpowiednich zmian struktury zaburzeń pozwala na optymalizację wielu procesów. Laminaryzacja opływu powierzchni zmniejsza opory tarcia. Turbulizacja – zwiększa tarcie, lecz umożliwia opływ bez oderwań, co z kolei zmniejsza opór ciśnieniowy. W sumie otrzymujemy możność zmniejszenia oporu przepływu w instalacjach, oporu ruchu ciał w płynie, a stąd możliwość poprawy sprawności energetycznej maszyn przepływowych i innych urządzeń.

Intensyfikacja procesów dyfuzji warunkuje możliwość usprawnienia szeregu procesów takich jak wymiana ciepła, spalanie, utlenianie wody, wentylacja naturalna i sztuczna i szereg reakcji chemicznych uwarunkowanych intensywnością mieszania i inne.

Drugim specyficznym dla przepływów zjawiskiem jest wpływ prędkości na zmianę właściwości ośrodka. Jest on określany stosunkiem prędkości przepływu do prędkości dźwięku (liczba Macha – $M$). W cieczach prędkość dźwięku zależy od głębokości strumienia i przekroczenie jej powoduje powstawanie zaburzeń powierzchniowych, w gazach przekroczenie prędkości dźwięku prowadzi do powstania fal uderzeniowych.

Przepływy gazów, gdy $M \leq 0.3$ traktuje się jako nieściśliwe. Przedział przepływów ściśliwych obejmuje przepływy poddźwiękowe ($M < 1$) i naddźwiękowe ($M > 1$) W tym obszarze prędkość przepływu zmienia się aż do prędkości maksymalnej, a prędkość dźwięku wyraźnie maleje.

Tak turbulencja jak i zmiany własności ośrodka ze zmianą prędkości przepływu stanowią zjawiska charakteryzujące większość procesów przepływowych.

Zjawiskiem specyficznym w przepływach jest kawitacja. Zjawisko to występuje, gdy ciśnienie w jakimś punkcie pola przepływu osiąga wartość mniejszą niż ciśnienie wrzenia. Powstająca wówczas pulsacja ciśnienia o dużej częstotliwości spowodowana kolejno odparowaniem cząstek cieczy i skraplaniem powstałej pary prowadzi poza stratami energetycznymi, do uszkodzeń powierzchni opływanych (przepływy w przewodach, turbinach wodnych, śruby okrętowe).

## 3.5. Interakcje mechaniki z innymi dyscyplinami

Przegląd ingerencji mechaniki w szeroką panoramę działalności człowieka wskazuje na szereg problemów, w których prawa mechaniki stanowią tylko część informacji niezbędnych do rozwiązania danego zagadnienia. Obok tego ingerują inne dyscypliny (matematyka, fizyka, chemia, biologia, informatyka), które są niejako wiodące z punktu widzenia celu do osiągnięcia. W pierwszej kolejności nasuwa się na myśl matamatyka. Jej sprzężenie z mechaniką jest tak silne, że poświęcony został temu specjalny fragment opracowania.

Problemy interdyscyplinarne absorbują coraz więcej uwagi badaczy, gdyż mają one często silne aspekty zastosowań. Klasyczne podziały dyscyplinarne nie sprzyjały kompleksowemu podejściu do takich zagadnień. Dopiero współczesne potrzeby techniki nakloniły badaczy do szerszego podjęcia tych problemów. W tym dokumencie pragniemy zwrócić uwagę na powiązanie mechaniki z fizyką, chemią i biologią.

*Sprzężenia mechaniczno–fizyczne*

Istnieje szereg zagadnień interesujących naukowo i praktycznie w zastosowaniach, które są przedmiotem współczesnych badań. Wymieńmy choćby kilka, które zobrazują ten stan:
- opto–mechanika zajmująca się własnościami optycznymi ciał jako funkcji panujących w nich naprężeń (pomiary elasto–optyczne, światłowody),
- piezo–elektryka, zajmująca się przekształcaniem energii mechanicznej w elektryczną, gdy w kryształach powstają naprężenia. I odwrotnie powstawanie naprężeń w krysztale poddanemu działaniu pola elektrycznemgo (przetworniki, oscylatory, filtry falowe,...),
- elektrodynamika ciał stałych – powiązanie ruchu z polami elektrycznymi i magnetycznymi (silniki elektryczne, przetworniki), dyfuzja cząstek nieobojętnych elektrycznie i magnetycznie,
- magnetohydro- i gazodynamika, sprzężenie prędkości, ciśnień, temperatur cieczy i gazów

z polami elektromagnetycznymi (generatory MHD, technologie ciekłych metali, plazma, ciecze magnetyczne).

*Sprzężenia mechaniczno–chemiczne*

Jest to podobnie jak w przypadku fizyki dość szeroki obszar zainteresowania nauki i praktyki. Zauważmy kilka bardzo ważnych i silnych powiązań w tym obszarze:
- spalanie, teoria plomienia (propagacja stateczności, spalanie turbulentne, promieniowanie), w której procesy chemiczne grają istotną rolę. Praktycznie związane to jest z piecami, reaktorami, materiałami wybuchowymi,
- mechanika cieczy wieloskładnikowych, w których obok ruchu zachodzą reakcje chemiczne (szereg procesów chemicznych, oczyszczanie ścieków itp.),
- mechaniczne własności fizyko–chemicznych roztworów polimerowych, (formowanie polimerów, zachowanie się elementów polimerowych w układach mechanicznych itp.),
- dyfuzje membranowe (oddzielenie faz wraz z reakcjami chemicznymi),
- efektywne procesy chemiczne.

*Sprzężenia mechaniczno–biologiczne*

Istnieje bardzo duża grupa zjawisk biologicznych, w których znajomość praw mechaniki jest istotna dla ich poznania. Wymieńmy kilka najważniejszych:
- ruch i jego napęd u istot żywych,
- lot ptaków i owadów,
- pływanie ryb,
- przepływy płynów ustrojowych, przede wszystkim krwi,
- mechanika oddychania,
- akustyka fizjologiczna,
- praca mięśni,
- przeguby naturalne i sztuczne,
- kości i ich układy,
- dynamika wchłaniania i wydalania,
- procesy dyfuzyjne i chemodyfuzyjne w organach miąższowych.

### 3.6. Rola matematyki

Mechanika – podobnie jak i pozostałe działy fizyki – posługuje się opisami ilościowymi. Opisy te tworzy się poprzez wyrażenie hipotez określających zjawiska mechaniczne relacjami matematycznymi. Są to na ogół relacje równoważności lub uporządkowania prowadzące w rezultacie do równań lub nierówności, określających model matematyczny zjawiska.

Stosując metody matematyki można określić własności zjawiska nie zawarte w hipotezach. Gdy uzyskane wnioski są dostatecznie szczegółowe i poprawne (w sensie weryfikacji doświadczalnej co najmniej dla przypadków szczegółowych) można uznać, że dobór hipotez był właściwy. W przeciwnym przypadku należy wprowadzić inny układ hipotez wyjściowych lub, jak mówimy, zmienić model fizyczny rozważanego zjawiska. Bywa, że zmiana modelu fizycznego jest wymuszona złożonością modelu matematycznego. Zmiany tego rodzaju polegają na zaniedbaniu sprzężeń pomiędzy parametrami, założeniach o prostocie geometrycznej, pominięciu niektórych cech zjawiska itp.

Dążenie do zapewniającej efektywność wnioskowań prostoty matematycznej powoduje wzrost ilości teorii szczegółowych. Teorie takie są wystarczająco dokładne w wąskim zakresie parametrów ruchu i stanu oraz dokładnie zdefiniowanych substancji i własności geometrycznych. Uzyskane wnioski – wobec uproszczeń modelu matematycznego – są wysoce szczegółowe, choć zakres ich poprawnej interpretacji nie zawsze jest określony.

Bogactwo zjawisk mechanicznych wymaga rozmaitych narzędzi (metod) matematycznych. Można uważać, że nie istnieje teoria matematyczna nie znajdująca zastosowania w mechanice.

Paradoksalny jest fakt, że wprowadzenie uproszczeń do modeli fizycznych wydatnie przyczyniło się do poznania związków pomiędzy odległymi z pozoru teoriami matematycznymi. Znany przykład stanowi rozwój metod topologicznych w teorii równań różniczkowych. Mechanika i matematyka rozwijają się wspólnie i wspólnego ich rozwoju rozdzielić nie można. Historycznie, pierwsze modele fizyczne były deterministyczne, dyskretne i stacjonarne. Obecnie używa się hipotez opisujących zjawiska mechaniczne także jako losowe, rozciągłe, niestacjonarne i nieliniowe.

W rezultacie, szczegółowe wnioski (np. wyznaczenie parametrów pól fizycznych) mogą być uzyskane jedynie metodami numerycznymi i przy wykorzystaniu maszyn liczących. Regułą jest, że pierwsze rezultaty numeryczne wyprzedzają analizę jakościową. Jest to naturalne, albowiem najprostszym sprawdzeniem poprawności modelu fizycznego jest rozwiązanie uproszczonego nie fizycznie (lecz np. geometrycznie) zagadnienia.

Kolejny etap to badanie ogólnych warunków istnienia rozwiązania i badanie własności tego rozwiązania w zależności od danych określających zagadnienie. Uzyskane wyniki pozwalają na dobór właściwej metody numerycznej (na ogół: przestrzeni aproksymującej przestrzeń rozwiązań) i budowę algorytmu rozwiązania. Ewentualna niepoprawność wyników wymaga ingerencji w którymś z wymienionych ogniw procesu. Należy dodać, że wiele zagadnień ważnych dla techniki lub cywilizacji wymaga niewyobrażalnie wielkiego nakładu pracy obliczeniowej. Szacuje się, że pełne elementarne wyznaczenie ruchu turbulentnego (w przypadku złożonym geometrycznie) wymaga zastosowania około $10^{13} \div 10^{15}$ węzłów siatki numerycznej. Stąd też liczba operacji, wymagana do rozwiązania tego zagadnienia ciągle jeszcze przewyższa o kilka rzędów możliwości obliczeniowe współczesnych superkomputerów. Świadczy to dobitnie o celowości stosowania modeli szczegółowych (wąskospecjalizowanych) właściwych dla ściśle określonych problemów. Rozmaitość tych modeli – ich odrębność – wymagają większego nakładu pracy w porównaniu z użyciem niedostępnego ze względów technicznych modelu uniwersalnego.

Powyższe spostrzeżenia pozwalają wyróżnić dwie grupy metod matematycznych w zależności od nieprzypadkowego lub przypadkowego charakteru badanego zjawiska. Są to metody deterministyczne i metody stochastyczne. Z drugiej strony obserwujemy intensywny rozwój metod komputerowych mających dziś decydujący wpływ na ilościowe określanie badanych zjawisk.

*Metody deterministyczne*

W dalszym ciągu powszechnie stosowane są klasyczne działy matematyki jak algebra liniowa (wektory, macierze, tensory), teorie równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych i ich uogólnienia zawarte we współczesnej analizie funkcjonalnej. Klasyczny rachunek wariacyjny, pozwalający badać warunki spełniania ekstremum, w ostatnich dekadach uległ uogólnieniu na zagadnienia równości i nierówności wariacyjnych wraz z analizą wypukłą.

W dalszym ciągu istotną rolę w mechanice grają metody asymptotyczne, które stały się niejako elementem podziału na cały szereg zagadnień szczegółowych. Pręty, płyty, powłoki są niejako produktem metod asymptotycznych, zastosowanych dla uproszczenia zagadnień trójwymiarowych do zadań praktycznych.

*Metody stochastyczne*

Ogólnie metody te bazują na matematycznym aparacie teorii prawdopodobieństwa. Stochastyczny charakter wielu zjawisk mechanicznych (drgania, zniszczenie, turbulencja, rozchodzenie się fal, transport zanieczyszczeń w środowisku) wynikający z nieoznaczoności i przypadkowości parametrów stwarza konieczność badania ich metodami stochastycznymi.

Wprowadzenie pojęć funkcji losowych, stochastycznych równań różniczkowych prowadzi ostatecznie do równań wiążących korelacje. Metody stochastyczne, ze względu na ich bliższy związek z rzeczywistością od metod deterministycznych, silnie się ostatnio rozwijają i mają coraz bardziej znaczący wpływ na poznanie zjawisk dynamicznych.

*Metody komputerowe*

Jak zostalo wyżej wspomniane, metody numeryczne zawsze graly istotną rolę w mechanice. Wspomnijmy dwie podstawowe metody, które w ostatnich dziesięcioleciach dokonały nie tylko przełomu w zastosowaniach mechaniki, ale również wpłynęły na rozwój szeregu teorii mechanicznych jak np. teoria chaosu.

Pierwsza z nich to metoda różnic skończonych. Znana już od dawna, ale dopiero współczesne komputery umożliwiły jej pełne wykorzystanie. Druga z nich to metoda elementów skończonych, która stała się w mechanice niemal uniwersalną metodą analizy numerycznej ciał stałych, praktycznie niezależnie od ich stanu.

Do metod komputerowych należy również zaliczyć programowanie matematyczne stanowiące współczesne narzędzie rozwiązywania zagadnień ekstremalnych. Wprawdzie natura zadań programowania matematycznego nie zależy od zasad analizy numerycznej, niemniej praktyczne rozwiązywanie ich jest nieodłącznie związane z metodami komputerowymi.

Szybki postęp w informatyce, elektronice (mikroprocesory, a ostatnio transputery) i budowie komputerów w ogóle pozwalają przypuszczać, że w nadchodzących latach znacznie wzrośnie znaczenie eksperymentu numerycznego, który może stać się przez to elementem przyspieszającym badania i wynalazki. Właśnie w eksperymencie numerycznym rozchodzenia się fal nieliniowych, zaobserwowano ciekawe własności solitonów, które nie były znane na podstawie teorii matematycznych.

## 3.7. Rola eksperymentu

*Eksperyment a teoria*

Eksperyment, od czasów najdawniejszych, był podstawą poznania i analizy zjawisk fizycznych badanych i wykorzystywanych przez człowieka.

Rozwój nauk teoretycznych – wykorzystywanie matematyki do opisu zjawisk – nastąpił stosunkowo później i ograniczony był początkowo brakiem fizycznej interpretacji wyrażeń matematycznych, a później trudnościami rozwiązywania układów równań opisujących badane zjawiska. Postęp w rozwoju matematyki wraz z wykorzystywaniem coraz to wydajniejszej generacji komputerów zwiększył znacznie zakres zastosowań badań teoretycznych.

Z drugiej strony w badaniach eksperymentalnych nastąpił gwałtowny rozwój metod badawczych i technik pomiarowych w wyniku wykorzystywania zjawisk fizycznych dla zastosowań pomiarowych. Ukształtowały się w ten sposób wzajemne sprzężenia pomiędzy badaniami teoretycznymi i eksperymentalnymi w różnych dziedzinach zastosowań, uwarunkowane możliwościami obu technik. Tam jednak, gdzie uzyskanie opisu teoretycznego jest bardzo trudne, lub wręcz niemożliwe, badania eksperymantalne dostarczać muszą potrzebnego opisu badanego zjawiska.

*Ukierunkowanie badań eksperymentalnych*

Ukierunkowania badań eksperymantalnych w mechanice wynikają z potrzeby uzyskania informacji niezbędnych dla opisu badanych zjawisk i procesów. W zależności od przeznaczenia tych informacji można wydzielić cztery podstawowe kierunki badań eksperymantalnych:

- Uzyskiwanie informacji o własnościach mechanicznych ośrodków materialnych, w których zachodzą analizowane zjawiska i procesy. Posiadanie tych informacji jest niezbędne dla opisu teoretycznego oraz opracowania i analizy wyniku eksperymentu. Rozwój badań w zakresie mechaniki i wprowadzenie nowych materiałów stwarza zapotrzebowanie na tego rodzaje badania (przepływy wielofazowe, kompozyty, struktury organiczne – bioinżynieria, inżynieria chemiczne i inne).

- Pomiary wielkości charakteryzujących badane zjawiska zachodzące w ośrodkach materialnych w wyniku oddziaływań zewnętrznych lub/i wzajemnych. Proces badawczy powinien umożliwiać uzyskiwanie ilościowych i jakościowych informacji potrzebnych do oceny przebiegu zjawiska – jego zmian w czasie i przestrzeni i efektów określających możliwości, zakres zastosowania i wykorzystania dla pożądanych celów.
- Poszukiwanie i opracowanie nowych metod i urządzeń do ich realizacji opartych na zjawiskach fizycznych, do tej pory niewykorzystanych, względnie – z ulepszeniem i rozszerzeniem zastosowań metod istniejących.
- Prowadzenie pomiarów, rejestracja oraz opracowanie i analiza wyników. Głównym zadaniem jest tu wykorzystanie komputerów dla automatyzacji pomiarów i obróbki wyników, opracowanie odpowiednich programów i konstrukcja urządzeń dla różnorodnych zastosowań.

*Metody badań eksperymentalnych*

Pod względem sposobu realizacji badania eksperymantalne podzielić można na:

- Badania w skali naturalnej zjawisk fizycznych zachodzących w naturze, przebieg procesów wytwórczych, pracy maszyn, urządzeń, instalacji, ich wybranych elementów oraz innych obiektów. Wyniki takich badań mają na celu bezpośredni opis zjawiska lub/i jego efektów. Stanowią więc z jednej strony weryfikację wyników teoretycznych i doświadczalnych uzyskanych na innej drodze, z drugiej strony dostarczają informacji trudnych lub niemożliwych do uzyskania innymi metodami. Wyniki takich badań stanowią podstawę konstrukcji nowych sprawniejszych maszyn i urządzeń, optymalizacji procesów i kształtowania zjawisk w pożądanym kierunku ich oddziaływania.
- Badania modelowe oparte na podobieństwie zjawisk – pozwalają one na uzyskanie, w oparciu o kryteria podobieństwa, informacji potrzebnych do opisu zjawiska przebiegającego w skali naturalnej i jego efektów. Wiarygodność rezultatów zależy od stopnia przestrzegania kryteriów modelowania, co w wielu przypadkach nie jest w pełni możliwe. Stąd też otrzymane wyniki muszą być uściślane w oparciu o dodatkowe informacje określające wpływ parametrów opisujących zjawisko na podstawie analizy teoretycznej bądź wyników innych badań.
- Analogie – pozwalają na przeniesienie wyników opisu jednego badanego pola fizycznego na inne. Stosuje się je w przypadku, gdy równania opisujące te pola są identyczne i jeżeli istnieje możliwość ustalenia zależności ilościowych wiążących obie wielkości polowe.
- Symulacje – obejmują daleko uproszczone modele zjawisk, gdy np. w przybliżeniu modeluje się oddziaływanie wybranego parametru na jego przebieg. Otrzymujemy wówczas przybliżony opis zjawiska, dający jednak możliwość wyciągnięcia istotnych wniosków w szeregu badanych przypadków.

*Metodyka badań i pomiarów eksperymentalnych*

Dla przeprowadzenia pomiaru poszukiwanej wielkości fizycznej używane są przyrządy, których zasada działania oparta jest na znanym zjawisku fizycznym i znanych zależnościach określających związek pomiędzy mierzoną wielkością, a wielkościami charakteryzującymi zjawiska.

Istnieją w zasadzie tylko trzy niezależne wielkości fizyczne występujące w mechanice: masa, przemieszczenie i czas, dla których istnieją wzorce bezpośrednie pozwalające na ich określenie bez użycia metod pośrednich. Te trzy wielkości określają w zasadzie wszystkie inne, do pomiaru których używa się metod pośrednich lub analogowych. Np. prędkość określić można pośrednio znając przemieszczenie i czas, bądź analogowo mierząc zmianę oporu elementu czujnika w zależności od intensywności jego ochładzania.

Większość metod pomiarowych oparta jest na wykorzystaniu zjawisk opisywanych w różnych dziedzinach fizyki (elektronika, elektrotechnika, optyka, akustyka i inne), a także w chemii, inżynierii materiałowej itd. Aby dane zjawisko mogło być wykorzystane do pomiaru, określona musi być zależność pomiędzy wielkością mierzoną a jedną z wielkości opisujących wykorzystywane zjawisko.

Istnieje różnorodność pomiaru określonej wielkości fizycznej przy pomocy różnych metod. Wybór metody uwarunkowany jest jej dostępnością do obszaru pomiarowego (portabilnością) dokładnością samego pomiaru i łatwością rejestracji i obróbki wyników. Istnieją duże ograniczenia w pomiarach zjawisk zachodzących w ośrodkach materialnych zależne od właściwości fizycznych tych ośrodków. W ciałach stałych ograniczone są możliwości dokonywania pomiarów w ich wnętrzu. W płynach natomiast istnieją szerokie możliwości dokonywania takich pomiarów.

W badaniach ciał stałych wykorzystane są więc głównie metody badań powierzchniowych ukierunkowane na pomiar odkształceń, naprężeń powierzchniowych, własnych i powstających w wyniku obciążenia zewnętrznego. Pomiary tensometryczne pozwalają na ocenę odkształceń, a zastosowanie metody interferencyjnej na określenie wielkości naprężeń na powierzchni. Metody holograficzne opisują stan powierzchni a więc pozwalają na ocenę jej zmian (zużycie). Badania naprężeń wewnątrz ciała stałego dokonać można metodami półniszczącymi umieszczając czujnik w odpowiednio wykonanych otworach lub metodami niszczącymi badając próbki elementów. To ostatnie jest istotne dla określenia procesów zmęczeniowych materiałów. Wiele informacji dostarcza metoda elastooptyczna oraz metody detekcyjne. Do tych ostatnich należy metoda indukcyjna, ultrasoniczna, emisji promieniowania podczerwonego i metoda dyfrakcji neutronów pozwalająca na ocenę deformacji siatek atomowych kryształów. Rozwój metod naprężeń wewnętrznych i zmian struktury wewnątrz ciał stałych jest szczególnie ważny z uwagi na wprowadzenie do konstrukcji nowych materiałów o bardzo zróżnicowanej i złożonej strukturze wewnętrznej.

W przepływach płynów dominują badania zjawisk związanych z ruchem ośrodka. Badania powierzchniowe prowadzi się na powierzchniach swobodnych cieczy (zjawiska falowe) i na opływanych powierzchniach ciał stałych. W badaniach pól przepływu poza badaniami samego pola prędkości i naprężeń (molekularnych i turbulentnych) istotny jest rozwój badań opisujących procesy zachodzące w tych przepływach i warunkujące przebieg ważnych procesów wytwórczych i zjawisk w naturze (transport masy, ciepła, pędu – wymiana ciepła, dyfuzja, reakcje chemiczne) i możliwość ich intensyfikacji (przepływy wielofazowe, struktury turbulencji). Równoczesny pomiar dwóch i więcej wielkości mierzonych i określenie ich zależności pozwala na obliczenie średnich wielkości stochastycznych charakteryzujących zjawiska od strony zależności energetycznych i ich intensywności dla różnych struktur przepływowych. Ważne dla zastosowania tych badań jest uzyskanie informacji o możliwościach odpowiedniego sterowania procesami opływu ciał stałych w celu zmniejszenia oporów i zwiększenia efektów wymiany ciepła na powierzchniach opływanych.

Oddzielną grupę stanowią metody wizualizacyjne. Wizualizować można ruch ośrodka w jego masie lub na powierzchniach opływanych przy użyciu odpowiednich traserów. W przepływach ściśliwych stosowane być mogą metody wizualizacji optycznej (metoda smugowa, cieniowa, interferencyjna). W wielu przypadkach struktury pola przepływu i ich efekty uwidaczniają się na powierzchniach opływanych i oceniane być mogą przy pomocy termowizji i pokryć chemicznych reagujących odpowiednio na zmiany zjawisk opływu zachodzące na powierzchniach. Z powyższego wynika, że w mechanice płynów eksperyment odgrywa szczególnie istotną rolę. Możliwość dokonywania różnorodnych pomiarów w całym obszarze przepływu powoduje, że nie tylko weryfikuje on poprawność opisów teoretycznych ale także inspiruje rozwój samej teorii.

Specyficzną grupę badań stanowią zjawiska zachodzące w obszarach kontaktów. W trybologii wiążą one efekty ruchu warstw smarnych i oddziaływań powierzchniowych ciał stałych znajdujących się w ruchu względnym pod działaniem obciążeń.

Mimo tak ogromnego rozwoju technik eksperymentalnych daje się odczuwać w wielu dziedzinach brak możliwości uzyskania informacji na tej drodze. Dotyczy to badań własności nowych materiałów o złożonej strukturze i zachowania się ich pod działaniem obciążeń ze szczególnym uwzględnieniem procesów niszczenia, możliwości prowadzenia

precyzyjnych pomiarów w kanałach maszyn przepływowych, metod rejestracji wyników na odległość, miniaturyzacji czujników pomiarowych i zwiększenia ich uniwersalności i dokładności pomiarów. Rozwijać więc trzeba metody pomiarowe oparte na zastosowaniach niewykorzystanych do tej pory zjawisk, usprawniać trzeba procesy rejestracji i obróbki wyników.

Rozwój metod eksperymentalnych jest szczególnie ważny z uwagi na ich znaczenie w ocenie aplikacyjności zjawisk i ich efektów, a to warunkuje postęp techniki i rozszerza możliwości poznawcze zjawisk przebiegających w naturze.

## 4. Zastosowania mechaniki współczesnej

W rozdziale drugim została przedstawiona istota mechaniki oraz główne kierunki badawcze w jej ramach. Już zawarty tam tekst daje pojęcie o silnej ingerencji praw mechaniki i ich powiązaniu z innymi dyscyplinami w wielu dziedzinach ludzkiej działalności. W niniejszym rozdziale poszerzymy ten obraz poprzez wymienienie szeregu najważniejszych dziedzin, dla których mechanika stanowi podstawę lub ważny element poznawczy.

### 4.1. Budowa i eksploatacja maszyn

Jest to dziedzina bardzo szeroko reprezentowana w badaniach ze względu na przemysł. Produkuje on bowiem urządzenia i posługuje się technologiami, w znacznym stopniu bazującymi na procesach mechanicznych.

W przypadku maszyn i urządzeń skala problemów jest niezwykle obszerna. Zawiera się ona pomiędzy sprzętem gospodarstwa domowego po roboty, kombajny rolnicze i górnicze, turbiny, okręty, samochody i samoloty, pojazdy szynowe itp.

Wspólnymi elementami, z punktu widzenia wiedzy mechanicznej dla tych wszystkich urządzeń są:

- *dynamika* (drgania bierne i czynne, procesy falowe, ruch układów o wielu stopniach swobody),
- *minimalizacja ciężaru przy wysokiej niezawodności*,
- *zmęczeniowe zniszczenie elementów konstrukcji*,
- *energooszczędność*,
- *sterowanie*,
- *tarcie, zużycie, smarowanie.*

Ponadto należy zwrócić uwagę na szereg specyficznych problemów, związanych z mechaniką, które występują w poszczególnych grupach maszyn i urządzeń w zależności od ich funkcji. Wymieńmy kilka z nich:

- *maszyny i urządzenia energetyczne* – przepływy w turbinach wodnych, gazowych i parowych oraz w siłowniach wiatrowych, wymienniki ciepła, odpylanie,
- *roboty* – pozycjonowanie, histereza oporów, kinematyka zasięgu, wpływ tolerancji wykonania na dokładność ustawienia,
- *maszyny robocze* – mechanika urabiania gruntu, kruszenie skał, kinematyka,
- *samoloty* – aerodynamika, mechanika lotu, aerosprężystość, automatyzacja sterowania, procesy spalania w silnikach,
- *okręty* – manewrowanie, mechanika pływania, mechanika pędników, obciążenia falami morskimi itp.

### 4.2. Inżynieria lądowa i wodna

I w tym przypadku mamy do czynienia z wielką różnorodnością zagadnień, w których wiedza mechaniczna gra dużą, a często zasadniczą rolę:

- *w budownictwie* obok klasycznych problemów analizy statycznej spotykamy głównie zagadnienia konstrukcji o dużych rozpiętościach (mosty, przykrycia o rozpiętościach do kilkuset metrów). W tych ostatnich ważne są zagadnienia utraty stateczności, nośności granicznej, niezawodności. W budownictwie w dalszym ciągu aktualne są konstrukcje betonowe, materiał który zawiera poza klasycznym cementem i piaskiem również najróżniejszego rodzaju domieszki zmieniające własności materiału (np. polimery) lub własności konstrukcyjne (rozmaite zbrojenia). Istotną rolę w mechanice budowli grają obciążenia dynamiczne, wraz z zabezpieczeniami przed ich skutkami. Można tu wymienić obciążenia sejsmiczne, obciążenia wiatrem lub obciążenia pojazdami. Współczesna mechanika wraz z elektroniką i informatyką pozwalają na sterowanie odpowiedzią konstrukcji na obciążenia dynamiczne. Odpowiednie urządzenia są stosowane w wysokich budynkach (ograniczających drgania wywołane wiatrem), na wiaduktach (ograniczających drgania od przejeżdżających samochodów) itp. Znaczny obszar trudnych zagadnień zawarty jest w badaniach teoretycznych i doświadczalnych konstrukcji znajdujących się w skrajnie trudnych warunkach (zbiorniki kriogeniczne, pożar, oddziaływania chemiczne, elektrownie jądrowe),

- *w budownictwie wodnym* jednym z centralnych problemów jest interakcja konstrukcji z falami wodnymi i lodem (wieże wiertnicze). Stochastyczny charakter obciążeń oraz trudności pomiarowe wieloparametrowych zjawisk przedstawiają szczególnie szeroki zakres interesujących i jednocześnie praktycznych badań.

### 4.3. Ekologia i ochrona środowiska

Dziedzina stanowiąca niemal niograniczone źródło badań dla problemów mechanicznych i sprzężonych z innymi dyscyplinami. Oto kilka najważniejszych:

- *organizacja emisji zanieczyszczeń* – sterowanie procesami technologicznymi pod kątem ograniczania emisji, mechanika urządzeń odpylających, mechaniczno–biologiczne procesy oczyszczalni ścieków, badania rozchodzenia się zanieczyszczeń w powietrzu, glebie i wodzie,

- *wentylacja* – wentylacja pomieszczeń, stanowisk pracy, kształtowanie stref mikroklimatycznych, oddziaływanie wiatru na przewietrzanie przestrzeni otwartych,

- *transport zanieczyszczeń.*

### 4.4. Meteorologia

Przepływy w mikro i makroskali, procesy falowe i cieplne w atmosferze, dyfuzja w atmosferze, oddziaływanie ukształtowań i pokryć powierzchniowych ziemi, wpływ prądów morskich na zjawiska w atmosferze.

### 4.5. Rolnictwo

Dziedzina działalności gospodarczej w której problemy mechaniki występują równie bogato. Zwróćmy uwagę na kilka z nich: mechanika uprawy gleby, nawadnianie i melioracja, suszenie gleby, wody gruntowe i poszukiwanie podziemnych zbiorników wodnych, mechanika przetwarzania i pakowania żywności, mechanika nawożenia i rozpylania środków ochrony roślin, suszenie zbiorów, mechanizacja hodowli.

### 4.6. Technologie wytwarzania

Obszerny dział działalności gospodarczej, w której częściej niż w innych zastosowaniach mechanika jest sprzężona z innymi dyscyplinami, a głównie z fizyką i chemią. Wymieńmy niektóre przykłady. Procesy topienia, odlewania i stygnięcia metali. Obróbka plastyczna metali i innych materiałów. Tworzenie nowych materiałów (kompozyty). Kruszenie, mielenie surowców skalnych. Wydobywanie ropy i gazów. Technologie meteriałów budowlanych (wibrowanie, mieszanie itp.).

### 4.7. Oceanologia

Szerokie pole działalności dla mechaniki płynów, między innymi: interakcja wiatr–fale, mechanika podmywania i zabezpieczania brzegów morskich, wpływ obrotów ziemi na ruchy prądów morskich, mechanika lodu, itp.

Przedstawione powyżej przykłady zastosowań mechaniki w działalności gospodarczej, ochronie środowiska, meteorologii i oceanologii są siłą rzeczy fragmentaryczne. Pełne ich wyliczenie i wskazanie związanych z nimi badań wymagałoby osobnego, obszernego opracowania. Niemniej lektura tylko wymienionych tu problemów daje nawet niespecjalistom wyobrażenie o ogromie wpływu mechaniki w zastosowaniach technicznych. Część tych potrzeb znajduje już zastosowanie, o nich mówiliśmy mniej. Część czeka jeszcze na wyniki badań zarówno podstawowych jak i stosowanych. W powyższych przykładach staraliśmy się właśnie na nią zwrócić uwagę czytelnika.

### 4.8. Elektronika

W trakcie pracy układów elektronicznych wyzwalające się ciepło powoduje mechaniczne odkształcanie się podstawowych elementów tych układów. Zjawisko to stanowi dzisiaj jedną z głównych barier rozwoju układów scalonych o wysokiej skali integracji. Tak więc projektowanie takich układów jest nierozerwalnie związane z koniecznością uwzględnienia sprzężeń elektro–termo–mechanicznych.

## 5. Potencjał i możliwości badawcze w Polsce

Pracownicy naukowi stanowią podstawowy warunek konieczny dla możliwości badawczych w dowolnym obszarze nauki i jej zastosowań. Jeżeli chodzi o mechanikę w Polsce, to można określić względnie precyzyjnie dwie liczby.

Pierwsza z nich to liczba profesorów, docentów i doktorów habilitowanych, którzy w Informatorze Nauki Polskiej – 1990 podają jako dziedzinę specjalności mechanikę lub jej zastosowania (mechanika gruntów, mechanika maszyn, mechanika morza itp. itd.). Łącznie tych osób jest blisko pół tysiąca. Pamiętać przy tym należy, że część osób określających swoje specjalności np. robotyka, energetyka, ochrona środowiska itp. w rzeczywistości prowadzi badania z mechaniki z zastosowaniem w tych dziedzinach. Trudna do sprecyzowania jest liczba doktorów i magistrów zaangażowanych w ogólnie pojętych badaniach z mechaniki. Pewne przybliżenie do ogólnej liczby zatrudnionych "w mechanice" stanowi liczebność Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, które zrzesza 1209 pracowników nauki. Biorąc pod uwagę, że nie wszyscy zainteresowani dyscypliną należą do PTMTS można przyjąć, że polskie środowisko osób związanych tematycznie silniej lub słabiej z mechaniką sięga dwóch tysięcy osób z czego około 25 % tzw. samodzielnych.

Wydaje się niemożliwe określenie czy te liczby są zbyt duże, zbyt małe czy jak należy. Odpowiedź na takie pytanie byłaby jedynie możliwa poprzez porównanie z innymi krajami. Takiego porównania nie można by jednak ograniczyć jedynie do samych liczb, gdyż na ich wielkość ma wpływ szereg czynników. Można do nich zaliczyć w pierwszej kolejności zainteresowanie przemysłu oraz moc intelektualną środowiska mechaników, a pośrednio i zainteresowanie mechaniką pośród młodych pracowników nauki podejmujących pracę badawczą.

Polski przemysł w znacznym stopniu jest "przemysłem mechanicznym" to znaczy bazującym na zjawiskach mechanicznych. Wymienione w rozdziale 3 zastosowania w znacznym stopniu powinny obejmować nasz przemysł. Mówimy "powinny" gdyż w odczuciu polskiego środowiska mechaników zainteresowanie polskiego przemysłu wszelkiego rodzaju innowacjami w tym współczesnymi wynikami badań z mechaniki jest więcej niż skromne. Przyczyn jest wiele, ale na pierwszym miejscu należy odnotować obowiązujący od lat system gospodarczy. Środowisko nasze wyraża nadzieje zmiany na lepsze w tym zakresie. Zmiany te powinny się ujawnić wraz z poszerzaniem się gospodarki rynkowej, otwarciem na świat, a więc i koniecznością przystosowywania się przedsiębiorstw do konkurencji rynkowej.

Osobne zagadnienie to w jakim stopniu środowisko polskich mechaników jest gotowe sprostać nadchodzącym czasom. Polska mechanika należy do jednej z dyscyplin w kraju lepiej rozwijających się i mających dobre tradycje. Jej pozycja w skali międzynarodowej jest dość dobrze utrwalona. Istnieje szereg przesłanek dla takiego stwierdzenia. W ostatnich latach polskie monografie z zakresu mechaniki stanowiły przedmiot zainteresowania czołowych, międzynarodowych oficyn wydawniczych, w stopniu większym niż w innych dyscyplinach. W wielu komitetach redakcyjnych (międzynarodowych czasopism o uznanym autorytecie) obecni są polscy mechanicy. Międzynarodowa Unia Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej (IUTAM) włączyła nas do grupy krajów, których komitety narodowe promują własne prace na kongres IUTAM. Od lat co najmniej jeden z kilkunastu referatów na tych kongresach jest autorstwa polskiego. Ponadto wielu z naszych kolegów zapraszanych jest na wykłady do licznych uniwersytetów czołowych krajów świata. Niestety ciągle zbyt wielu z zaproszonych pozostaje tam na stałe.

Tych kilka przykładów mówi o silnej obecności Polski w międzynarodowym środowisku mechaników. Niestety, potencjał intelektualny nie idzie w parze z potencjałem środków i wyposażenia badawczego. Znane są ogólnopolskie kłopoty w angażowaniu nowych pracowników badawczych, wynikające z niskości uposażenia. Do stałych bolączek należy zaliczyć ciasnotę lokalową, a ostatnio również ograniczenia w nabywaniu literatury fachowej, głównie czasopism. Również koszty aparatury, części zamiennych i poligrafii stawiają badania eksperymentalne i wydawnictwa przed wizją likwidacji.

W zakresie wyposażenia stosunkowo nienajgorzej przedstawia się sprawa w zakresie małych komputerów. W ostatnim pięcioleciu szereg zespołów mógł zaopatrzyć się w tzw. komputery personalne, co rozszerzyło możliwości badawcze i obliczeniowe. Niemniej sytuacja jest daleka od zadowalającej jeżeli porównamy ją z innymi krajami o zbliżonym do Polski potencjale technicznym i naukowym. Brak jest w szczególności maszyn liczących o wielkiej mocy.

Tak więc rozwój badań mechanicznych i ich zastosowań w Polsce zależny będzie w

najbliższej przyszłości od dwóch podstawowych czynników.

Po pierwsze – od możliwości budżetowych państwa wraz z organizacją badań podstawowych. Organizacja ta spełni swoje zadanie jeżeli przy minimum biurokracji pozwoli na promowanie badań na najwyższym światowym poziomie.

Po drugie – aktywność badawcza w mechanice, podobnie jak i w innych dziedzinach, będzie zależała od wzrostu aktywności przemysłu, związanej z wprowadzaniem gospodarki rynkowej. Powinno to niejako automatycznie wzmóc zainteresowanie stosowaniem najnowszych wyników badań naukowych w praktyce. Zainteresowanie takie z kolei spowodowałoby sponsorowanie przez przemysł badań naukowych i wyzwalanie inicjatyw badawczych przez uczonych.

Przedstawione wyżej informacje prezentują niezwykle szeroki zakres zastosowań mechaniki i ogromną różnorodność problemów i zagadnień obejmujących w zasadzie wszelkie dziedziny działań ludzkich, od medycyny i biologii począwszy, a na zagadnieniach budowy wszechświata skończywszy. W tej sytuacji wybór tematyki badawczej jest sprawą bardzo trudną uwarunkowaną potrzebami gospodarki narodowej, własnym potencjałem badawczym i możliwościami finansowymi. Uzależnione jest to ponadto od trafności prognozowania określającego prawdopodobieństwo uzyskania odpowiednich wyników w ramach realizowanych tematów.

Reorganizacja struktury gospodarki narodowej zmienia w sposób zasadniczy kryteria oceny jej potrzeb. W okresie centralnej dyspozycyjności tematyka kształtowana być mogła w ramach systemu decyzyjnego, co w pewien sposób ukierunkowywało samą tematykę badań. Napotykano duże trudności wdrażań wyników, ponieważ w tych strukturach nie stworzone zostały odpowiednie mechanizmy wykorzystania osiągnięć naukowych w przemyśle i gospodarce narodowej.

Obecnie w przypadku decentralizacji przestały istnieć wszelkie mechanizmy. Zanika centralny system kierujący tematyką badań na podstawie planów zamierzeń sterowanych centralnie. Brak także mechanizmów rynkowych – zapotrzebowań oddolnych – które stanowić by mogły czynnik stymulujący dobór odpowiednich tematów.

Oprócz spraw związanych z kryzysem w gospodarce krajowej, rzutujących na ograniczenie możliwości działań własnych, spodziewać się można poważnych zahamowań w rozwoju wielu dziedzin naukowych w skali światowej wynikających ze zmniejszenia funduszów wojskowych (znany jest fakt, że przeszło 50 % badań finansowanych było ze środków przeznaczonych na zbrojenia lub z nimi bezpośrednio związanych).

Nakazuje to szczególną ostrożność w doborze tematów w szczególności w tematyce krajowej. Należy przyjąć zasadę silniejszego zaakcentowania tematyki badawczej w problematyce mieszczącej się w ramach tych dziedzin gospodarki, które z uwagi na ich ważność wspierane są przez państwo.

W pierwszym rzędzie zatem podjąć należy tematykę wynikającą z zapotrzebowań (jak wspomniano powyżej) znajdujących pokrycie we własnym potencjale badawczym, gwarantującym duże prawdopodobieństwo uzyskania pozytywnych wyników w relatywnie bliskich terminach.

Prognozowanie oparte być musi na ocenie aktualnego postępu w działalności badawczej własnej i wyników badań światowych. Można zatem określić, że przedstawiona w taki sposób tematyka ukierunkowana będzie na cele "bliskie".

Działalność badawcza nie może być jednak ograniczona do tego jedynie zakresu. Powinna być prowadzona i rozwijana działalność w wytypowanej problematyce nawiązująca do ogólnych trendów światowych nawet w tych przypadkach gdy nie rokuje ona bliskich i efektywnych rozwiązań.

Prowadzenie takiej tematyki badawczej umożliwiłoby śledzenie i ocenę postępu badań światowych i ułatwiało ewentualne rozwinięcie badań własnych, w oparciu o istniejący potencjał, gdyby osiągnięcia nauki stwarzały w zakresie tej problematyki perspektywę bliższych zastosowań, ważnych dla gospodarki narodowej.

*Komitet Mechaniki PAN*
*Warszawa, czerwiec 1990*

## EUROMECH COLLOQUIA

| No. | Title, date and location | Chairman |
|---|---|---|
| 284 | Fluid flow phenomena in crystal growth<br>September 23 – 25, 1992<br>Grenoble, France | Prof. R. Moreau<br>Laboratoire MADYLAM<br>ENSHMG, BP 95<br>F-38402 St Martin d'Heres Cédex, France |
| 287 | Discrete model in fluid dynamics: theory, numerical simulation, experiment<br>September 22 – 25, 1992<br>Cagliari, Sardinia, Italy | Dr. S. Succi<br>IBM ECSEC<br>Via Giorgione, 159<br>I-00147 Rome, Italy |
| 288 | Turbulent flows undergoing distortion and rotation<br>April 6 – 8, 1992<br>Ecully, France | Dr. C. Cambon<br>Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique<br>Ecole Centrale de Lyon<br>36 avenue Guy de Collongue<br>B.P.163<br>F-69131 Ecully Cédex, France |
| 289 | Hypersonic aerodynamics<br>April 6 – 8, 1992<br>Aachen, Germany | Prof. E. Krause<br>RWTH Aachen<br>Templergraben 55<br>D-5100 Aachen, Germany |
| 291 | Macro- and micromechanical aspects of fracture<br>June 23 – 27, 1992<br>St. Petersburg, Russia | Prof. L.I. Slepyan<br>St. Petersburg State University of Ocean Technology<br>Lotsmanskaya 3<br>St. Petersburg 190008, Russia |
| 292 | Modelling of thin shells with nonlinear behaviour<br>September 2 – 4, 1992<br>Munich, Germany | Prof. W. Wunderlich<br>Lehrstuhl für Statik<br>Technische Universität München<br>Arcisstr. 21<br>D-8000 Munich 2, Germany |
| 293 | Dynamics and control of rotating machinery<br>October 7 – 9, 1992<br>Braunschweig, Germany | Prof. H. Ulbrich<br>Institut für Fertigungsautomatisierung und Handhabungstechnik<br>Technical University of Braunschweig<br>P.O. Box 3329<br>D-3300 Braunschweig, Germany |
| 294 | Gasdynamic modelling of combustion<br>September 1 – 4, 1992<br>Bristol, UK | Dr. J.W. Dold<br>School of Mathematics<br>University of Bristol<br>University Walk<br>Bristol BS8 1TW, UK |

| | | |
|---|---|---|
| 295 | Wave processes in machinery and structures<br>September 14 – 18, 1992<br>Nizhny–Novgorod, Russia | Prof. A.I. Vesnitsky<br>Wave Dynamics Department<br>Mechanical Engineering Institute<br>Academy of Science<br>Ul Belinskogo, 85<br>603024 Nizhny–Novgorod, Russia |
| 296 | Real–gas effects in high–enthalpy flows<br>September 8 – 10, 1992<br>Göttingen, Germany | Dr. G. Eitelberg<br>Institute for Experimental Fluid Mechanics, DLR<br>Bunsenstr. 10<br>D-3400 Göttingen, Germany |
| 297 | Fatigue analysis in the context of mechanical design<br>August 31 – September 4, 1992<br>Lozari (Corsica), France | Dr. K. Dang Van<br>Laboratoire de Mécanique des Solides<br>École Polytechnique<br>F-91128 Palaiseau Cédex, France |
| 298 | Inelastic behaviour of structures under variable loads<br>September 14 – 18, 1992<br>Warsaw, Poland | Prof. Z. Mróz<br>Polish Academy of Sciences<br>Institute of Fundamental Technological Research<br>Świętokrzyska 21<br>P-00-049 Warsaw, Poland |

## IUTAM SYMPOSIA

**August 18-20, 1992**
**Optimal Design with Advanced Materials**
*Place:* Lyngby, Denmark
*Chairman:* Prof. P. Pedersen, Department of Solid Mechanics
The Technical University of Denmark
Building 404, DK-2800 Lyngby, Denmark

**September 13-17, 1992**
**Fluid Dynamics of High Angle of Attack**
*Place:* Tokyo, Japan
*Chairman:* Prof. Y. Aihara, Department of Aeronautics
Faculty of Engineering, University of Tokyo
Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

**October 12-14, 1992**
**Eddy Structure Identification in Free Turbulent Shear Flow**
*Place:* Poitiers, France
*Chairman:* Dr. J.P. Bonnet, Centre d'Etudes Aerodynamiques et Thermiques, Universite de Poitiers
43 rue de l'Aerodome, F-86036 Poitiers Cedex, France

**April 20-25, 1992**
**Optimal Control of Mechanical Systems**
*Place:* Moscow, Russia
*Chairman:* Prof. F.L. Chernousko, Institute of Problems of Mechanics Academy of Sciences
Pr. Vernadskogo 101, Moscow 11 75 26, Russia

## INNE KONFERENCJE

**September 21-25, 1992**
**9th European Conference on Fracture Mechanics (ECF9): Reliability and Structural Integrity of Advanced Materials**
*Location:* Varna, Bulgaria
*Sponsor:* ESIS
*Deadlines:* Jan. 31, 1992 – Abstract (300 words), June 1, 1992 – Full paper
*Inquiries:* Prof. S. Sedmak, Faculty of Technology & Metallurgy
Karnegijeva 4, 11000 Belgrade, Yugoslavia

**October 5-7, 1992**
**Int.Conf.on Corrosion-Deformation Interactions**
*Location:* Fontainebleau, France
*Organizer:* Electricité de France/Université de Lille
*Sponsor:* ESIS et al.
*Deadlines:* Dec. 15, 1991 – camara ready ext.abstract, July 1, 1992 – Full paper
*Inquiries:* Prof. T. Magnin, Université de Lille I, Lab.de Métallurgie Physique
UA CNRS Batiment C6, 59655 Villeneuve d'Ascq Cédex, France

**October 15-17, 1992**
**Int.Conf.on Bond in Concrete: From Research to Practice**
*Location:* Riga, Latvia
*Organizer:* CEB Task Group VI/1, Riga Techn.Univ.
*Deadlines:* Dec. 1, 1991 – Abstract (200 words), June 30, 1992 – Full paper
*Inquiries:* Prof. Felix Bulavs, RTU
Kalkuiela 1, Riga 226355, Latvia

**November 9-13, 1992**
**2nd Int.Conf.on "Fracture and Damage of Concrete and Rock":FDCR-2**

*Location:* Viena, Austria
*Organizer:* TU Viena
*Sponsor:* Austrian Fed.Economic Chamber
*Deadlines:* March 31, 1992 – Abstracts (300 words), July 31, 1992 – Full papers
*Language:* English, German (simult.transl.)
*Inquiries:* Doz. Dr. H.P. Rossmanith, Institute of Mechanics of TU Viena
Wiender Hauptstr. 8-10/325, 1040 Viena, Austria

**November 18-19, 1992**
**Symp.on Accuracy of Load and Strain Measurements of Testing Machines**

*Location:* Miami, Florida, USA
*Sponsors:* ASTM E-28/E-9/E-24
*Deadlines:* Nov. 18, 1991 – Abstract (300-500 words), Sep. 16, 1992 – Full manuscripts
*Inquiries:* A. Perlov, Instron Corp.
100 Royal Street, Canton, MA 02021

**May 4-6, 1993**
**5th Symposium on Composite Materials: Fatigue and Fracture**

*Location:* Atlanta, Giorgia, USA
*Sponsor:* ASTM Comm. D-30
*Deadlines:* May 5, 1992 – Extended abstracts (1000-1500 words + Fig.)
*Inquiries:* Dr. R.H. Martin, Analytical Services and Materials Inc.
MS 188E, NASA Langley Res.Center
Hampton, VA 23665-5225, USA

**June 7-11, 1993**
**23rd Conference and 17th Symposium of the International Committee on Aeronautical Fatigue (ICAF)**

*Location:* Stockholm, Sweden
*Organizer:* The Aeronautical Research Inst. of Sweden
*Inquiries:* Dr. A.F. Blom, The Aeronautical Research Inst. of Sweden
Box 11021, 161 11 BROMMA, Sweden

**June 8-14, 1993**
**VIII International Conference on Fracture (ICF8)**

*Location:* Kiev, Ukraine
*Sponsors:* Int.Congress on Fracture
*Organizer:* Ukrainian Ac.of Sciences
*Deadlines:* April 30, 1992 – Camera ready manuscripts
*Inquiries:* ICF8 Secretariat, Karpenko Physico-Mechanical Inst.of the Ukrainian Academy of Sciences
5, Naukova St., 290601 LVIV, Ukraine

## IUTAM SYMPOSIA 1993

Nonlinear Wave Propagation in Solids (Canada)
Ligqid–Particle Interactions in Suspension Flow (France)
Bubble Dynamics and Interface Phenomena (UK)
Nonlinear Instability of Nonparallel Flows (USA)
Fracture of Brittle Discordered Materials: Concrete, Rock and Ceramics (Australia)
Impact Dynamics (China)
Identification of Mechanical Systems (Germany)
Discrete Structural Optimization (Poland)
Nonlinearity and Chaos in Engineering Dynamics (UK)
Probabilistic Structural Mechanics: Advances in Structural Reliability Method (USA)
Computational Mechanics of Materials (USA)
Numerical Simulation of Nonisothermal Flow of Viscoelastic Liquids (The Netherlands)