

## MECHANIKA TEORETYCZNA — AKTUALNE KIERUNKI ROZWOJU<sup>1)</sup>

B. RADZISZEWSKI

*Institut Podstawowych  
Problemów Techniki PAN,  
Warszawa*

Podstawowymi obiektami rozważanymi w mechanice teoretycznej są punkty materialne ciała sztywne i więzy. Stanowią one „cegiełki”, z których buduje się bardziej złożone obiekty w tej dyscyplinie nauki.

Większość treści zawartych we współczesnych podręcznikach akademickich, traktujących o mechanice teoretycznej, była znana jeszcze w ubiegłym stuleciu. Dotyczy to w szczególności statyki i kinematyki, a bardzo często i dynamiki układów z więzami holonomicznymi. Nie oznacza to jednak stagnacji w mechanice teoretycznej, gdyż wiele podstawowych zagadnień zostało rozwiązanych w ostatnich dziesięciokach lat. Dotyczy to w szczególności dynamiki układów z więzami nieholonomicznymi.

Podstawowe problemy związane z wyprowadzeniem równań ruchu układów z więzami nieholonomicznymi, nawet z liniowymi względem prędkości uogólnionych równaniami więzów, zostały ostatecznie rozstrzygnięte w końcu lat pięćdziesiątych naszego wieku. Kilkanaście lat temu zostały rozstrzygnięte tak podstawowe problemy w badaniach układów nieholonomicznych jak możliwość linearyzacji równań ruchu i badania stateczności na podstawie równań zlinearyzowanych.

Nie wiele wcześniej wyprowadzono na przykład równania Lagrange'a drugiego rodzaju dla układów elektromechanicznych ze stykami ślizgowymi.

W ostatnich latach powstaje wielce obiecujące ujęcie mechaniki teoretycznej na gruncie pojęć analizy globalnej, a w szczególności różniczkowych. Są to nowe geometryczne metody mechaniki teoretycznej. Kierunek ten posługuje się współczesnymi metodami globalnej geometrii różniczkowej, topologii algebraicznej i jakościowej teorii układów dynamicznych. Metody te, używając globalnego języka obiektów geometrycznych, a zwłaszcza struktur symplektycznych, uwypuklają obiektywną treść wszystkich rezultatów, niezależną od wyboru lokalnych współrzędnych.

Użycie nowoczesnych metod matematycznych pozwoliło zarówno lepiej zrozumieć strukturę mechaniki analitycznej i jej związków z innymi dyscyplinami (klasyczna teoria

<sup>1)</sup> Niniejsze opracowanie jest rozwinięciem jednego z fragmentów raportu opracowanego przez zespół: B. Radziszewski, P. Rafalski, K. Sobczyk, J. Stupnicki, K. Wilmański przy współudziale J. Sławianowskiego. Raport ten był podstawą do dyskusji nad kierunkami rozwoju mechaniki w Polsce na plenarnym zebraniu Komitetu Mechaniki PAN w 1981 r. Fragment dotyczący mechaniki teoretycznej może stanowić uzupełnienie pracy R. Gutowskiego (Mechanika Teoretyczna — zarys stanu i perspektywy rozwoju w Polsce, Nauka Polska, 10, 1979, str. 3 - 17), przedstawionej również na plenarnym zebraniu Komitetu Mechaniki PAN w 1978 r.

poła, mechanika kwantowa, mechanika ośrodków ciągłych) jak i uzyskać istotnie nowe wyniki dotyczące jakościowej teorii układów dynamicznych, teorii stabilności i teorii drgań nieliniowych. Większość zastosowań tej teorii dotyczy bardzo wyspecyfikowanych zagadnień, a niektóre z nich są stymulowane potrzebami kosmonautyki.

Rozwijany jest również intensywnie nurt zastosowań metod mechaniki analitycznej w teorii ośrodków ciągłych.

Wielce obiecujące są próby z ostatnich lat stworzenia podstaw mechaniki chaotycznej, teorii katastrof i wykorzystania analizy niestandardowej.

Poza omówionymi wyżej koncepcjami o charakterze podstawowym, potrzeby praktyczne doprowadziły do rozwoju autonomicznych działów mechaniki teoretycznej takich jak m.in.: teorii drgań, teorii stateczności i stabilizacji ruchu oraz sterowania ruchem, teorii giroskopów, teorii uderzenia czy też mechaniki nieba. W zakresie każdego z wyżej wymienionych działów ukazało się wiele monografii, a liczba publikacji jest niemalejąca.

We wszystkich tych działach można zauważyć tendencje do doskonalenia sposobu modelowania obiektów rzeczywistych przez odchodzenie od założeń upraszczających, idealizujących zarówno rozważane obiekty jak i przebiegi zjawisk. Tego rodzaju postępowanie ma na celu nie tylko próbę dokładniejszego opisu ruchu obiektów rzeczywistych, ale może być również wykorzystane do uzasadnienia posługiwania się modelami wyidealizowanymi, np. stykiem punktowym toczącej się kuli po płaszczyźnie, gdy pole powierzchni styku jest dostatecznie małe; ciałem sztywnym lub punktem materialnym, gdy odkształcenia tego ciała są dostatecznie małe w porównaniu z odkształceniami innych ciał, wchodzących w skład rozważanego obiektu; pomijaniu w obiekcie rzeczywistym ciał, których bezwładność jest dostatecznie mała w porównaniu z bezwładnością pozostałych ciał; zastępowanie rzeczywistej siły tarcia tarciem coulombowskim itp.

Rozwijane są podstawy umożliwiające badanie własności jakościowych ruchu ustalonego takich jak np. stateczność lub niestateczność na podstawie własności energii potencjalnej, funkcji Lagrange'a czy też Hamiltona.

W przypadku zachowawczych układów mechanicznych z więzami holonomicznymi kwestię stateczności izolowanego położenia równowagi rozstrzyga już dawno znane kryterium Lagrange'a-Dirichletta tylko wtedy, gdy energia potencjalna osiąga w tym położeniu ekstremum właściwe.

Kryteria stateczności wybranych położenia równowagi, czy też ruchu ustalonego w bardziej skomplikowanych przypadkach można znaleźć również w pracach aktualnie publikowanych.

Rozwijane są w dalszym ciągu metody znajdowania całek pierwszych w związku między innymi z możliwością ich wykorzystania przy konstruowaniu funkcji Lapunowa.

Problematyką tymi zajmuje się wiele ośrodków naukowych na świecie. Wyniki badań znajdują zastosowanie przy budowie różnego rodzaju maszyn i obiektów poruszających się po ziemi, wodzie i w powietrzu oraz przestrzeni kosmicznej. Dążenie do ciągłego doskonalenia tych obiektów jest i najprawdopodobniej będzie jednym z głównych czynników powodujących rozwój nie tylko wyżej wymienionych działów mechaniki teoretycznej, ale i jej koncepcji o charakterze podstawowym.

*Praca została złożona w Redakcji dnia 18 marca 1983 roku.*