

ROZWÓJ MECHANIKI UKŁADÓW DYSKRETNYCH W OSTATNIM DZIESIĘCIOLECIU W POLSCE

WŁADYSŁAW BOGUSZ (KRAKÓW), EDMUND KARAŚKIEWICZ (POZNAŃ),
STANISŁAW WIŚNIEWSKI (POZNAŃ)

1. Wstęp

Do mechaniki układów dyskretnych zaliczamy mechanikę analityczną, teorię drgań, teorię mechanizmów, automatykę, sterowanie i regulację. Wszystkie te działy mają wielkie znaczenie zarówno dla teorii, jak i techniki. Dorobek nauki polskiej jest w tych dziedzinach znaczny. Lecz liczba prac z roku na rok się powiększa, choćby ze względu na wzrost liczby pracowników naukowych. Nie jest więc możliwe przedstawienie wszystkich rozważanych zagadnień choćby w skrócie. Zbyt wielki skrót nie odzwierciedli we właściwy sposób dorobku nauki polskiej. Dlatego omówimy tylko dwa działy z tej dziedziny: teorię drgań i teorię maszyn wraz z regulacją automatyczną.

2. Teoria drgań

Maszyny, urządzenia mechaniczne i konstrukcje przedstawiają złożone układy mas, na które działają siły wewnętrzne i zewnętrzne. Dla określenia odkształceń, które powstają w czasie drgań, należy podać przemieszczenia wszystkich punktów jako funkcje czasu i położenia, czyli określić nieskończoną liczbę współrzędnych w każdej chwili czasu. W wielu zagadnieniach technicznych rozważanie nieskończonej liczby współrzędnych nie jest konieczne i często jest niecelowe. W takich przypadkach zastępuje się dany układ układem punktów materialnych o skończonej liczbie stopni swobody. Siły działające na punkty materialne określa się jako liniowe lub nieliniowe zależnie od przyjętego modelu reologicznego. Z tego względu rozwinęły się dwie teorie — teoria układów liniowych i teoria układów nieliniowych.

W odniesieniu do drgań mechanicznych układy liniowe można w wielu przypadkach uważać jako pierwsze przybliżenie zjawisk fizycznych, mimo że w każdym układzie mechanicznym występują nieliniowości. Nieliniowości te mogą nie wpływać jednak w istotny sposób na przebieg drgań.

Teoria układów liniowych rozwinęła się i rozwija się w dalszym ciągu w powiązaniu z układami automatyki. Układy automatyki są z reguły układami o skończonej liczbie

wielkości regulowanych, a zależności funkcyjne zależą w dużym stopniu od konstruktora, który może narzucić przebiegi liniowe.

Teoria układów nieliniowych, mimo że rozwinęła się stosunkowo niedawno, posiada już bardzo liczną literaturę. Na konieczność rozpatrywania sił sprężystych i tłumienia jako funkcji nieliniowych wskazał w 1918 r. DUFFING [1]. Wyniki jakie otrzymał były zaskakujące. Okazało się, że jakościowy przebieg drgań jest zupełnie inny niż przy siłach liniowych.

Ze względu na to, że siły sprężyste i tłumienia są zawsze w pewnym stopniu nieliniowe, rozwinęły się badania mające stwierdzić z jakim błędem układy liniowe opisują zjawiska rzeczywiste. Z uwagi na niemożliwość efektywnego rozwiązania równań nieliniowych rozwinęły się metody jakościowe, służące nie tylko do oceny przebiegu rozwiązań, ale również do oceny stateczności tych rozwiązań. Równocześnie rozwinęły się pojęcia i kryteria stateczności.

Podstawowe prace LAPUNOWA oraz POINCARÉ [2] dały początek nowej dziedzinie mechaniki, obecnie zwanej mechaniką nieliniową. Współczesna technika wysunęła nowe zagadnienia, które to winny być rozwiązane w oparciu o układy nieliniowe. Do tych zagadnień należą: synteza, optymalizacja układów nieliniowych, wpływ obciążeń i zakłóceń przypadkowych, wykorzystanie maszyn matematycznych itp. Duży wkład w rozwój teorii układów nieliniowych mają naukowcy polscy. Liczne prace dotyczą istnienia i ograniczoności rozwiązań, metod badania przebiegów rozwiązań w przestrzeni fazowej, syntezy i zastosowań w technice.

Prac z teorii drgań nieliniowych jest w ostatnim dziesięcioleciu tak wielka liczba, że praktycznie jest niemożliwe je wszystkie omówić. Spis tych prac jest częściowo podany w zeszytach Zagadnień Drgań Nieliniowych. Dlatego ograniczymy się do omówienia głównych kierunków prac badawczych i wyników jakie uzyskano w okresie ostatnich dziesięciu lat.

Większość prac dotyczy przebiegu ruchu układu o jednym stopniu swobody przy uwzględnieniu nieliniowych sił sprężystości i tłumienia. Konieczność rozwiązywania tego rodzaju zagadnień wypływa w pierwszym rzędzie z zastosowań.

W wielu przypadkach maszyny i urządzenia mechaniczne zastępuje się układem o jednym stopniu swobody i na podstawie przebiegu ruchu tego układu wnioskuje się o procesie realizowanym przez daną maszynę.

Układy, które były przedmiotem rozważań, można podzielić na trzy grupy: układy autonomiczne, samowzbudne i nieautonomiczne. Odnośnie układów autonomicznych rozwiązano zagadnienie ograniczoności rozwiązań [3, 4, 5] przy założeniu, że siły sprężyste i tłumienia są wielomianami. Wyniki uzyskane w pracy [5] są bardzo ogólne i dotyczą układów o skończonej liczbie stopni swobody. W innych pracach zajmowano się głównie przebiegiem rozwiązań układów nieliniowych. Posługiwano się metodami jakościowymi i ilościowymi. Szczególnie należy podkreślić metody topologiczne do jakościowego badania przebiegu rozwiązań w płaszczyźnie fazowej [6, 7, 9]. Metody te uogólniono na układy o wielu stopniach swobody [8, 10, 11]. Wyniki, które otrzymano przy zastosowaniu tych metod są oryginalne i wartościowe. Odnośnie metod ilościowych należy wymienić prace [12, 13]. Również metoda opisana w pracy [10] może być stosowana do oceny ilościowego przebiegu rozwiązań.

Na podstawie tych prac można obecnie w każdym prawie przypadku układu nieliniowego określić przebieg rozwiązań w pobliżu położenia równowagi, co znowu pozwala na ocenę stateczności tych położenia równowagi. Wyniki tych prac są wykorzystywane w syntezie i optymalizacji układów nieliniowych.

Układy autonomiczne opisują procesy przejściowe, tj. przejście układu z jednego położenia w inne, np. rozruch, hamowanie, zanikanie zaburzeń ruchu ustalonego i z tego względu znajomość przebiegu rozwiązań pozwala przeprowadzić optymalizację tych procesów.

Szereg prac zostało poświęconych układom samowzbudnym, drganiom relaksacyjnym i quasi-harmonicznym. Własności uogólnionego równania Van der Pola podano w pracy [20]. Drgania samowzbudne mają ścisły związek ze zjawiskiem tarcia suchego. Prace dotyczące tarcia suchego [19, 21, 22] pozwalają nie tylko na określenie przebiegu ruchu, ale również wyjaśniają do pewnego stopnia zawile zjawisko tego rodzaju tarcia.

Z uwagi na ważność zagadnienia prowadzone były również prace eksperymentalne [24, 25, 26, 28]. Wyniki tych prac potwierdzają wyniki prac teoretycznych opublikowanych nie tylko w literaturze polskiej, ale i zagranicznej. W szczególności określono charakterystykę tarcia suchego, w zależności od prędkości względnej w przypadku drgań samowzbudnych.

Celem przeprowadzenia bardziej wnikliwych badań nad tarcie wyodrębniła się pewna grupa uczonych, którzy opierając się na wynikach uzyskanych w pracach z teorii drgań nieliniowych rozwijają swoje badania w kierunku poznania zjawiska tarcia i określenia jego wpływu na przebieg ruchu i zużycie elementów maszyn. Zagadnienia związane z drganiami układów nieautonomicznych przedstawiono w pracach [27, 28, 29]. Możliwości badania przebiegu rozwiązań tych układów przedstawiono również w pracy [10]. W ostatnich latach podjęto wiele prac nad zagadnieniem drgań układów nieautonomicznych przy uwzględnieniu zakłóceń i wymuszeń typu przypadkowego. Wartościowe wyniki otrzymano w pracach [30, 31].

Układy o jednym stopniu swobody, mimo że mają duże zastosowanie, okazują się w wielu przypadkach niewystarczające i zachodzi konieczność rozważania układów o wielu stopniach swobody. Przy przejściu od rzeczywistego układu materialnego do modelu matematycznego konieczne jest z jednej strony poznanie zależności funkcjonalnych zachodzących w rzeczywistym układzie, a z drugiej strony należy utworzyć model matematyczny, w którym te zależności funkcjonalne będą zachodzić.

Dla licznych układów materialnych został opracowany model mechaniczny opierający się na własnościach układu punktów materialnych o siłach wewnętrznych sprężysto-plastycznych silnie nieliniowych [32]. Zbiór punktów materialnych reprezentuje masy elementów konstrukcji, zaś siły wewnętrzne pochodzą od więzów nałożonych na te elementy. Siły zewnętrzne działające na rzeczywisty układ materialny zastępowane są układem równoważnym sił przyłożonych do punktów materialnych. Dla tego rodzaju układu można obliczyć energię potencjalną i funkcję dyssypacji energii, które to funkcje pozwalają określić przebieg ruchu, a tym samym poznać własności dynamiczne rzeczywistego układu.

W dalszych pracach [33] uzupełniono ten model ujemnym tłumieniem, co umożliwiło badanie układów samowzbudnych. Również wykazano, że badanie ruchu układu rzeczywistego można przenieść na ogólniejszy model we współrzędnych uogólnionych. W tym

modelu liczba współrzędnych odpowiada liczbie stopni swobody. Posługując się tym modelem rozwiązano wiele zagadnień z teorii drgań nieliniowych. Interesującą interpretację tłumików ujemnych podano w pracy [34]. Zagadnienie ograniczoności rozwiązań tak w przestrzeni fazowej, jak i w czasoprzestrzeni Euklidesa omówione zostało w pracy [5]. Podano w tej pracy warunki ograniczoności rozwiązań opierając się na topologicznych własnościach trajektorii.

Z uwagi na zagadnienia stateczności wyniki tych prac są bardzo ważne. Zagadnienia stateczności mają w literaturze polskiej cenne opracowania. Metoda opisana w pracy [7] dotyczy wprawdzie asymptotycznego przebiegu rozwiązań, ale może być stosowana do badania stateczności i w wielu przypadkach jest prostsza w zastosowaniach niż metoda Lapunowa. Metoda ta została opracowana przez WAŻEWSKIEGO i nosi nazwę metody retraktu. W pracy [37] podane są warunki wystarczające stateczności globalnej w oparciu o teorię macierzy. Warunki te zostały wykorzystane do optymalizacji układów nieliniowych [38]. Układom o jednym stopniu swobody poświęcona jest praca [35], w której posługując się oryginalną metodą opisaną w pracy [9] przedstawiono przebieg rozwiązań wielu układów nieliniowych. Znajomość przebiegu rozwiązań pozwala ocenić stateczność tak położenia równowagi, jak i ruchu.

Również prace [11, 33] są poświęcone zagadnieniu stateczności. Należy zaznaczyć, że w każdej prawie pracy dotyczącej drgań nieliniowych omawiane jest zagadnienie stateczności badanego ruchu. Prac tego rodzaju jest zbyt wiele, aby je przytaczać. Pojęcie stateczności ze względu na zastosowanie zostało w ostatnich dziesięciu latach wybitnie zróżnicowane. Wymienimy jedynie najważniejsze pojęcia. Oprócz stateczności w sensie Lapunowa, powstały pojęcia stateczności globalnej lub inaczej zupełnej, absolutnej oraz technicznej.

Stateczność zupełną stosuje się, gdy chodzi o asymptotyczną stateczność rozwiązania zerowego i gdy żąda się, aby wszystkie rozwiązania dążyły do zera niezależnie od warunków początkowych. Tego rodzaju stateczność jest przedmiotem prac [37, 38]. Pojęcie stateczności absolutnej i wystarczające warunki zostały opracowane w teorii układów automatyki. Zastosowanie tych warunków pokazano w pracy [36] dla układu o dwóch stopniach swobody. Przypominając, że charakterystyki układu nie są dokładnie znane, a należą do pewnej klasy funkcji wykazano, że układ jest absolutnie stateczny, tzn. wszystkie rozwiązania dążą do zera. Pojęcie stateczności w sensie Lapunowa jest w wielu przypadkach technicznych niewystarczające i niekonieczne. Z tego względu powstało pojęcie stateczności technicznej. Zagadnienie to omówiono w pracach [39, 40].

Stateczność techniczna jest niezależna od stateczności w sensie Lapunowa, a łączy się ze statecznością w sensie Lagrange'a i z ograniczonością rozwiązań. Należy również omówić zagadnienie syntezy i optymalizacji układów nieliniowych. Do sformułowania zagadnienia można było przystąpić po przeprowadzeniu analizy pewnej klasy układów nieliniowych. Z tego względu prace dotyczące syntezy ukazały się stosunkowo niedawno [41, 42]. W tych pracach nie tylko omówiono podstawowe założenia, ale również rozwinięto metodę przeprowadzenia syntezy. Również sformułowano zagadnienie optymalizacji, tj. przeprowadzenie syntezy przy ustalonych warunkach optymalizujących dany proces.

Omawiając powyższe zagadnienia dotyczące głównych kierunków badań w teorii układów dyskretnych, przytoczyliśmy tylko pewne prace. Dorobek naukowy polskich uczonych w tej dziedzinie jest bardzo duży i powiększa się stale tym bardziej, że grono

specjalistów w dziedzinie drgań nieliniowych również się powiększa. Prace teoretyczne są podstawą badań doświadczalnych, których wyniki są wykorzystywane w przemyśle.

Wyodrębniła się pewna grupa pracowników naukowych i inżynierów konstruktorów specjalizująca się w zastosowaniach drgań w technice. Ich prace [43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51] dotyczą zagadnień bardzo istotnych dla przemysłu.

Tak więc, duży dorobek naukowy polskich uczonych stwarza nie tylko bazę do dalszych badań w dziedzinie mechaniki nieliniowej, ale również przynosi korzyści gospodarce narodowej.

3. Teoria maszyn i regulacji automatycznej

Teoria mechanizmów, jako dyscyplina naukowa, jest w Polsce na szerszą skalę uprawiana od 1955 r. Ze względu na jej szeroką problematykę przyjęto obecnie nazywać tę dyscyplinę teorią maszyn i regulacji automatycznej. Początkowo prace dotyczyły głównie kinematyki mechanizmów oraz badania ich struktury z punktu widzenia stosowalności metod wykreślnych kinematyki i dynamiki. Podstawowe problemy dotyczyły opracowania najbardziej efektywnych metod — głównie wykreślnych — kinematyki mechanizmów oraz problemu dokładności tych metod [51—66].

Następny podstawowy problem, to synteza mechanizmów w sensie klasycznym — dla zadanych konkretnych warunków — oraz nowszy problem syntezy optymalnej przy zastosowaniu nowych metod statystyki matematycznej i teorii programowania.

Głównymi kierunkami rozwiązywanych obecnie zagadnień są:

- (1) nowoczesne metody syntezy maszyn,
- (2) zagadnienia dynamiki maszyn i drgań układów maszynowych,
- (3) zagadnienia miernictwa i podstaw sterowania automatycznego.

Pierwszy kierunek obejmuje: badania nad syntezą maszyn z parametrami losowymi oraz syntezą maszyn ze sterowaniem programowym, prace w zakresie syntezy i analizy mechanizmów dźwigowych, zastosowanie maszyn matematycznych do syntezy mechanizmów [67, 68].

Drugi kierunek obejmuje zagadnienia: badania drgań układów z nieliniowym tłumieniem oraz procesów przejściowych napędu, badania drgań samowzbudnych przy napędzie za pośrednictwem sprzęgieł ciernych, stateczność wałów wirujących, badania obciążeń dynamicznych mechanizmów jazdy dźwignic przy uwzględnieniu losowej konieczności niektórych parametrów, badania układów wibrouderzeniowych, dynamikę maszyn wirnikowych z łożyskami ślizgowymi oraz wyważanie [69—93].

Trzeci kierunek obejmuje: badania przetworników pomiarowych i układów regulacji automatycznej, badania wielofunkcyjnych manipulatorów protetycznych z napędem pneumatycznym oraz zastosowania metod impulsowo-cyfrowych w miernictwie wielkości nieelektrycznych, badania stateczności przetworników pneumatycznych z kompensacją siły [94—97].

W załączeniu podajemy spis ważniejszych prac z wyżej podanych dziedzin.

Literatura cytowana w tekście

1. G. DUFFING, *Erzwungene Schwingungen bei veränderlicher Eigenfrequenz und ihre technische Bedeutung*, Braunschweig, Vieweg 1918.
2. H. POINCARÉ, *Sur les courbes définies par les équations différentielles*, J. de math, 3, 7 (1881), 375–422.
3. J. SKOWROŃSKI, St. ZIEMBA, *The boundedness of motion of mechanical systems*, Proc. Vibr. Probl., 3, 1 (1959), 45–52.
4. J. SKOWROŃSKI, *The problem of boundedness of motion in certain mechanical systems*, Proc. Vibr. Probl., 1 (1959), 67–82.
5. J. SZADKOWSKI, *On certain sufficient conditions of boundedness of components of solution of nonlinear autonomous systems*, Bull. Acad. Pol. Sci. Sér. Sci. Tech., 11–12, 13 (1965), 575–582.
6. K. SZPUNAR, W. BOGUSZ, *A single degree of freedom mechanical vibrating system with damping and restoring forces proportional to square of velocity and displacement*, Zagad. Drgań Nielin. 6 (1966), 21–27.
7. W. BOGUSZ, *Application of the retract method in nonlinear engineering problems*, Arch. Mech. Stos., 4, 12 (1960), 437–450.
8. W. BOGUSZ, *A two-tensor method for investigating nonlinear systems*, Proc. Vibr. Probl., 2, (1961), 285–306.
9. W. BOGUSZ, *Determination of stability regions of dynamic nonlinear systems*, Arch. Mech. Stos., 11 (1959), 691–714.
10. J. SKOWROŃSKI, St. ZIEMBA, *Some complementary remarks on the delta method for determining phase trajectories of systems with strong nonlinearity*, Arch. Mech. Stos., 10 (1958), 699–706.
11. J. SKOWROŃSKI, *A method of qualitative analysis of vibrating discrete systems with strong nonlinearity in the phase space*, Arch. Mech. Stos., 10 (1958), 715–726.
12. R. GUTOWSKI, *O pewnej metodzie całkowania równania drgań nieliniowych układu o jednym stopniu swobody*, Biul. WAT, 4 (93), 9 (1960), 42–63.
13. Z. OSIŃSKI, *Pewien wykreślony sposób przybliżonego rozwiązywania równania ruchu drgań wymuszonych układu o jednym stopniu swobody*, Zesz. Nauk. Pol. War., nr 45, Mechanika, 6 (1960), 127–136.
14. W. BOGUSZ, K. SZPUNAR, *Układ o jednym stopniu swobody o silnie nieliniowej parzystej charakterystyce tłumienia*, Rozpr. Inż., 2, 8 (1960), 189–199.
15. W. BOGUSZ, *Problem of the limit cycle for nonlinear systems*, Zag. Drgań Nielin., 4 (1962), 77–81.
16. J. MUSZYŃSKI, *O istnieniu jednego cyklu granicznego dla pewnych układów mechanicznych o jednym stopniu swobody*, Zag. Drgań Nielin., 4 (1962), 103–112.
17. J. GRACZKOWSKI, *Okres granicznego cyklu drgania nieliniowego*, Arch. Elektr., 4 (1955), 269–277.
18. St. HAHN, *Dynamical phenomena in generators with two degrees of freedom*, Proc. Vibr. Probl., 3, (1962), 171–192.
19. Z. OSIŃSKI, *Drgania swobodne nieliniowego układu z uwzględnieniem relaksacji i tarcia wewnętrznego*, Arch. Bud. Masz., 4, 8 (1961), 411–421.
20. J. BARZYKOWSKI, W. ŻAKOWSKI, *Badania własności uogólnionego równania Van der Pola*, Rozpr. Inż., 4, 7 (1964), 543–558.
21. St. ZIEMBA, *Dry friction vibration damping*, Arch. Mech. Stos., 3, 9 (1957), 275–292.
22. Z. OSIŃSKI, *Wpływ tarcia suchego na ruchy drgające układów mechanicznych*, Arch. Bud. Masz., 1, 7 (1960) 99–116.
23. St. BEDNARZ, *Investigation of frictional couplings by means of the self-excited vibration method*, Zagad. Drgań Nielin., 6 (1966), 171–196.
24. J. GIERGIEL, *Cooperation of the self-excited system with the system with one degree of freedom*, Zagad. Drgań Nielin., 6 (1966), 163–169.
25. J. GIERGIEL, St. BEDNARZ St. SĘDZIŃSKI, *Wpływ sprzężeń ciernych na drgania układów mechanicznych*, Zesz. Naukowe AGH, 18 (1967).
26. St. BEDNARZ, *Pomiar współczynnika tarcia metodą drgań samowzbudnych*, Zesz. Nauk. AGH, 6 (1965).
27. S. SKOWROŃSKI, St. ZIEMBA, *The problem of vibrations of nonautonomic systems with strong nonlinearity*, Arch. Mech. Stos., 4, 10 (1958), 517–523.

28. Z. OSIŃSKI, *Forced vibration of a system of one degree of freedom due to periodic forces with damping characterized by a strong nonlinearity*, Arch. Mech. Stos., 1, 11 (1959), 33–44.
29. H. KRAMARZ, St. ZIEMBA, *Wpływ nieliniowego czysto wiskotycznego tłumienia na charakter i amplitudę drgań wymuszonych*, Biul. WAT, 46, 8 (1959), 89–98.
30. St. ZABAWA, *On the possibilities of vibrations damping in the case of random forcing*, Zag. Drgań Nielin., 8 (1967).
31. С. БЕДНАЖ, М. ЗАБАВА, *Динамический анализ некоторой модели упругой пары с трением при возмущении случайного характера*, Zag. Drgań Nielin., 8 (1967).
32. J. SKOWROŃSKI, St. ZIEMBA, *Certain properties of mechanical models of structures*, Arch. Mech. Stos., 2, 11 (1959), 193–209.
33. J. SKOWROŃSKI, *The general character of the mechanical vibrations*, Proc. Vibr. Probl., 4 (1962).
34. J. GIERGIEL, St. BEDNARZ, *O możliwości powstawania drgań samowzbudnych skrzydła samolotu*, Zag. Drgań Nielin., 4 (1962), 149–150.
35. W. BOGUSZ, *Stateczność układów nieliniowych*, PWN, Warszawa 1966.
36. St. BEDNARZ, J. GIERGIEL, St. SĘDZIWY, *Stability and boundedness of response of a class of lumped systems*, Technical Note. Uni., Notre Dame 1965.
37. P. HARTMAN, Cz. OLECH, *On global asymptotic stability of solutions of differential equations*, Amer. Math. Society, 1, 104 (1962).
38. St. KASPRZYK, *Optymalizacja układów nieliniowych*, Praca doktorska, Kraków 1966.
39. W. BOGUSZ, *Applications of stability in engineering*, IV konf. Drgań Nielin, Praga 1967.
40. W. BOGUSZ, *Kryterium absolutnej stateczności układów nieliniowych*, IV konf. Automatyki, Kraków 1967.
41. W. BOGUSZ, J. SKOWROŃSKI, *Synteza kinetyczna ogólnego układu mechanicznego*, Mech. Teor. Stos., 1, 3 (1965), 13–27.
42. J. SKOWROŃSKI, *Sufficient criterion for synthesable stability of general physical lumped system*, Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Techn., 5, 14 (1966).
43. Z. ENGEL, *Pewne zagadnienia techniki vibracyjnej*, Rozpr. AGH, 72 (1966).
44. H. KNOP, *Zagadnienie sił działających na zbrojenie szybkie w czasie ruchu maszyn wydobywczych*, Praca doktorska, Kraków 1964.
45. A. OSTROWSKI, *Synteza dynamiczna przecinarki vibracyjnej do przecierania bloków marmuru*, Praca doktorska, Kraków 1965.
46. B. KOWALCZYK, Z. WIŚNIEWSKI, *Analiza pracy oraz metoda obliczania podstawowych parametrów wibracji*, Przegl. Mech., 1, 24, (1965), 9–12.
47. A. CZUBAK, *Przenośniki vibracyjne*, Katowice 1964.
48. W. BOGUSZ, *Dynamika przesuwania smukłych obiektów w hutnictwie*, Zesz. Nauk. AGH, 16 (1966).
49. E. KARAŚKIEWICZ, *Nonlinear theory of the acoustical resonator for low frequencies*, Zagad. Drgań Nielin., 5 (1963), 493–497.
50. Cz. CEMPEL, *Drgania płaskich układów prętowych o sztywnych węzłach z nieliniowymi warunkami brzegowymi*, Praca doktorska, Politechnika Poznańska.
51. M. ŻYCZKOWSKI, *Sprawność przegubów Cardana*, Przegl. Mech., 9, 12 (1953), 308–313.
52. M. ŻYCZKOWSKI, *Zwiększanie dokładności obliczeń kinematycznych układu korbowego*, Przegl. Mech. 1, 12 (1953), 21–24.
53. J. ODERFELD, *O pewnym typie krzywek rozrządzczych*, Arch. Bud. Masz., 1 (1954).
54. W. SZCZEPIŃSKI, *O analizie dokładności ruchów mechanizmów*, Przegl. Mech., 8, 15 (1956), 283–284.
55. Z. PARSZEWSKI, *Kinematyka mechanizmów dźwigniowych trzeciej klasy*, Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Teorii Mechanizmów i Maszyn, Rogów, wyd. MSzk. W., (1956).
56. J. ODERFELD, *O pewnym zastosowaniu rachunku wyrównawczego do kinematyki mechanizmów*, Zastosowania Mat., 2 (1958).
57. A. MORECKI, *Podstawy klasyfikacji strukturalnej mechanizmów*, Arch. Bud. Masz., 2, 5 (1958), 213–215.
58. S. MILLER, *Projektowanie płaskiego czworoboku przegubowego przy przyjętej krzywej łącznikowej*, Zesz. Nauk. PW., nr 45, Mechanika, 6 (1960).
59. J. ODERFELD, *Uogólnienie nierówności Grashofa*, Arch. Bud. Masz., 4, 6 (1959), 521–529.

60. J. ODERFELD, *Kinematyczna analiza czworoboku przegubowego, którego ruch względny jest dany*, Zesz. Nauk. PW, nr 45, Mechanika, 6 (1960), 29–36.
61. A. MORECKI, *Zagadnienie zupełności w klasyfikacji strukturalnej ruchomych grup*, Arch. Bud. Masz., 2, 7, (1960), 231–241.
62. J. ODERFELD, *Kilka własności łańcuchów kinematycznych*, Arch. Bud. Masz., 2, 7 (1960), 223–230.
63. Z. PARSZEWSKI, *Uproszczony sposób analizy mechanizmów wyższych klas*, Materiały III Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Teorii Mechanizmów i Maszyn, nakł. PW, Rogów 1961.
64. S. MILLER, *O projektowaniu układów z członem napędzającym o zmiennej długości*, Przegł. Mech., 24, 23, (1964), 706–708.
65. A. MORECKI, M. DIETRICH, *Zastosowanie metody toru o cechowanym w kinematyce mechanizmów przestrzennych*, Arch. Bud. Masz., 4, 12 (1965), 487–499.
66. E. WALL, *Dokładność wykreślnych operacji elementarnych*, Praca doktorska, (1966) Politechnika Warszawska.
67. J. GOLIŃSKI, *O optymalnej syntezie metodami Monte-Carlo*, Arch. Bud. Masz., 12 (1965), 353–382.
68. M. DIETRICH, *Optymalna synteza maszyn*, Przegł. Mech., 22, 24 (1965), 680–682.
69. St. ZIEMBA, *Drgania swobodne układów o jednym stopniu swobody o nieliniowej charakterystyce sprężystej i nieliniowym wiskotycznym tłumieniu*, Arch. Mech. Stos., 2, 10 (1958), 163–193.
70. St. ZIEMBA, *Drgania układów mechanicznych o jednym stopniu swobody, w których siły uogólnione nie zależą wyraźnie od czasu*, Arch. Mech. Stos., 5, 10 (1958), 649–670.
71. Z. PARSZEWSKI, *Pewna metoda dynamicznego wyrównywania maszyn wirnikowych*, Arch. Bud. Masz., 2, 5 (1958), 199–210.
72. Z. OSIŃSKI, *Wpływ nieliniowej charakterystyki tłumienia tarcie wewnętrznym na drgania wymuszone*, Rozpr. Inżyn., 1, 7 (1959), 25–38.
73. W. BOGUSZ, *Stateczność ruchu pewnego mechanizmu płaskiego z parami postępowymi*, Rozpr. Inżyn., 3, 7 (1959), 263–272.
74. J. ODERFELD, *Sposób wyrównowania dynamicznego*, Przegł. Mech., 3, 18 (1959), 66–70.
75. S. ZIEMBA, S. TRZASKA, *Wyważarki statyczne i dynamiczne*. Mechanika, 7 i 8 (1960).
76. Z. PARSZEWSKI, P. GROOTENHUIS, *Balancing multi — bearing machines*, The Engineer, London, luty 1961.
77. Z. PARSZEWSKI, A. CAMERON, *Oil whirl of flexible rotors*, Proc. Inst. Mech. Engineers, 176, 22, London 1962.
78. Z. OSIŃSKI, *Wpływ tak zwanego tłumienia konstrukcyjnego na okres drgań układu o jednym stopniu swobody*, Arch. Bud. Masz., 1, 11 (1964), 187–196.
79. J. KRĘCISZ, *Dynamika stabilizowanego pionu dwugiroskopowego*, Arch. Bud. Masz., 3, 11 (1964), 497–513.
80. E. STANKIEWICZ, *Wpływ nieliniowej podatności jednej z podpór na obroty krytyczne i postać ngięcia wirującego walu*, Arch. Bud. Masz., 3, 11 (1964), 585–597.
81. B. RADZISZEWSKI, S. ZIEMBA, *O możliwości polepszenia charakterystyki dynamicznego tłumika drgań przy wymuszeniu bezwładnościowym*, Zagad. Drgań Nielin., 6 (1966), 71–81.
82. Z. PARSZEWSKI, J. ROSZKOWSKI, *Dynamika przetwornikowych układów pneumatycznych sterowania automatycznego*, Zeszyty Naukowe PŁ., nr 75, Zeszyt Specjalny, Zeszyt 4, Materiały Sesji Naukowej 20-lecia Politechniki Łódzkiej (1965).
83. Z. PARSZEWSKI, *Prędkości krytyczne wirników maszyn z łożyskami ślizgowymi w szczególności z łożyskami o panewkach częściowych*. Księga Jubileuszowa 40-lecia pracy naukowej prof. Roberta Szewalskiego, Gdańsk, (w druku).
84. Z. PARSZEWSKI, *Stateczność ruchu wirnika w łożyskach ślizgowych*, Zesz. Naukowe Politechniki Łódzkiej, nr 75, Zesz. Specjalny z. 4, Materiały Sesji Naukowej 20-lecia Politechniki Łódzkiej (1965).
85. Z. PARSZEWSKI, *Wyniki badań modelowych drgań wirnika w filmie olejowym łożysk*, Materiały V Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Teorii Mechanizmów i Maszyn, Łódź, Nakład Politechniki Łódzkiej (1965).
86. C. BRONTAREK, *Zagadnienie modelowania nieliniowego układu wirującego*, Zag. Drgań Nielin., 6 (1966), 131–150.
87. M. ROSZKOWSKI, *Charakterystyka dynamiczna łożysk z panewkami częściowymi koncentrycznymi*, referat na Seminarium Ogólnopolskim Teorii Mechanizmów i Maszyn w Politechnice Warszawskiej (1966).

88. S. WIŚNIEWSKI, *Wpływ masy walu pryzmatycznego oraz miejsca zamocowania masy wirującej na jego stateczność*, Arch. Bud. Masz., 1, **14** (1967), 41–44.
89. S. WIŚNIEWSKI, *Precesja regularna walu ciągłego z osadzonymi na nim osiowo-symetrycznymi tarczami*, Zeszyty Naukowe PP., nr 44, Mechanika, 8 (1967), 65–76.
90. Z. PARSZEWSKI, *Pressure distribution and hydrodynamic forces of Journal Bearing Partial Sleeves*, Arch. Bud. Masz., **14**, (1967), 455–468.
91. Z. PARSZEWSKI, *Load Capacity of Multi-Sleeve Journal Bearing*, Arch. Bud. Masz., **14** (1967), 577–592.
92. S. WIŚNIEWSKI, *Dynamiczne zagadnienie szybkiego rozruchu układu napędowego o dużej sztywności skrętnej za pośrednictwem sprzęgła ciernego*, Arch. Bud. Masz., 1, **15** (1968), 131–149.
93. J. ROSZKOWSKI, *Badanie regulatorów hydraulicznych*, Biul. Inst. Tech. Ciepl., 1 (1956).
94. Z. PARSZEWSKI, *Zastosowanie tensometrów elektrycznych zmiennego oporu w dynamice maszyn*, Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Teorii Mechanizmów i Maszyn, Rogów, Wyd. M. Sz. W. (1956).
95. A. OŁĘDZKI, *Zastosowanie czujników elektrodynamicznych w badaniach mechanizmów krzywkowych silników spalinowych*, Przegl. Mech., 15, **21** (1962), 463–465.
96. Z. ENGEL, *Nieliniowe sprzężenie w regulatorze odśrodkowym*, Zag. Drgań Nielin., 3 (1962), 65–71.
97. A. MORECKI, J. DEKERT, W. KUROWSKI, *Badanie dokładności kinematycznej jednostronnie współpracującej pary kół zębatych metodą elektrotensometryczną*, Przegl. Mech., 19, **22** (1963), 595–599.

Praca została złożona w Redakcji dnia 10 lutego 1968 r.