

**Recenzja**  
**dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej**  
**Dr Vasyla KOVALCHUKA**

**Rozprawa: monotematyczny cykl publikacji „MODELE AFINICZNE W OPISIE  
DYSKRETNÝCH I CIĄGLÝCH OŚRODKÓW Z MIKROSTRUKTURĄ  
W MECHANICE ANALITYCZNEJ”**

- 1. Kandydat** adiunkt w Zakładzie Teorii Ośrodków Ciągłych, Pracowni Mechaniki Analitycznej i Teorii Pola IPPT-PAN, studia na Wydziale Fizyki Narodowego Uniwersytetu Lwowskiego we Lwowie ukończył w r. 1996 uzyskując tytuł magistra fizyki. Stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskał w r. 2006 po obronie (z wyróżnieniem) rozprawy „Nieliniowe modele kolektywnych i wewnętrznych stopni swobody w mechanice i teorii pola. Problemy symetrii” w IPPT-PAN, której promotorem był prof. J. Stawianowski.
- W latach 1997-99 pracował w Katedrze Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Lwowskiego jako asystent, od r. 2005 zatrudniony jest w IPPT-PAN w Warszawie.

**2. Działalność naukowa**

Kandydat jest absolwentem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Lwowskiego, co dało Mu dobre i gruntowne przygotowanie do pracy badawczej w mechanice i teorii pola. Tematykę tę podjął już we współpracy ze swym późniejszym promotorem, publikując w r. 2002 pracę poświęconą równaniu Kleina-Gordona-Diraca oraz formalizmowi Hamiltona. W 2 lata później wyznaczył funkcję Greena dla tego równania. Od roku 2003 konsekwentnie zajął się modelem ciał afinicznie sztywnych tj. kinematyką i dynamiką ośrodków z elementami, podlegającymi translacji, obrotowi oraz jednorodnej deformacji. Z tego zakresu opublikował szereg pozycji (A3-A10) poświęconych ogólnie układom dynamicznym na grupach Liego. Prace te dotyczyły w szczególności analizy klasycznych (tj. układów makroskopowych) i kwantowych modeli złożonych ośrodków z wewnętrznymi stopniami swobody niezmienniczych względem grupy afinicznej, koncepcji kwantowania układów

hamiltonowskich, analizy sprzężenia pomiędzy obrotami i deformacjami. Uwieńczeniem działalności naukowej tego okresu było opracowanie rozprawy doktorskiej nt. „Nieliniowe modele kolektywnych i wewnętrznych stopni swobody w mechanice i teorii pola. Problemy symetrii” obronionej z wyróżnieniem w r. 2006. Jej poziom został oceniony przez jednego z recenzentów jako odpowiadający wymogom rozprawy habilitacyjnej.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych i zatrudnieniu w IPPT-PAN na stanowisku adiunkta Kandydat wzmacnia swoją działalność naukową, uczestnicząc w grantach, konferencjach, workshopach, seminariach, publikując szereg pozycji w renomowanych czasopismach naukowych. Generalnie habilitant specjalizuje się w tematyce, formalizmie i metodach mechaniki analitycznej ciał odkształcalnych zarówno w ujęciu klasycznym, jak i kwantowym. Uzyskał w tej specjalności szereg cennych rezultatów takich jak:

- pokazanie fizycznie uzasadnionej obecności członów nieliniowych w równaniach Schroedingera (prace B 3, 6, 17)
- dyskusje przypadku równań Schroedingera z pochodną czasową II rzędu (praca B17)
- omówienie kwantowych układów krętów (układy spinowe) (prace B9-B12)
- pokazanie związku nieliniowości i grup symetrii (prace B5, 14)
- zastosowanie formalizmu przestrzeni fazowej w mechanice kwantowej (praca B15)
- omówienie roli dynamicznego iloczynu skalarnego jako zmiennej stanu w mechanice kwantowej i konstrukcja równań ruchu (B17)
- analiza propagacji fal w niejednorodnym ośrodku dielektrycznym (pokazanie rezonansu i antyrezonansu w rozwiązaniu równania falowego przy periodycznej modulacji współczynnika załamania) (praca B19)

Łącznie na dorobek Kandydata składa się:

- 29 publikacji, z czego 10 ukazało się przed uzyskaniem stopnia doktora, 13 po doktoracie a dalszych 6 przedłożono jako monotematyczny cykl stanowiący rozprawę habilitacyjną. Większość pozycji opublikowana została w renomowanych czasopismach naukowych takich jak J. Nonlin. Math. Phys., Rep. Math. Phys., J. Geom. Symm in Phys., Math. Meth. Appl. Sci, Discr. Cont. Dyn. Syst. itp.
- 28 referatów na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych
- uczestnictwo w 27 seminariach, szkołach, warsztatach naukowcy itp.
- uczestnictwo w 4 grantach naukowych

Wszystkie podlegające ocenie opublikowane prace dowodzą biegłości Autora w stosowanym formalizmie wymagającym dobrego przygotowania z teorii grup, geometrii różniczkowej, mechaniki analitycznej zarówno układów dyskretnych, jak i ciągłych, teorii pola, mechaniki kwantowej oraz równań fizyki matematycznej.

Obszar badań Autora obejmuje szeroki zakres zastosowań mechaniki ośrodków ze strukturą, mechaniki materiałów oraz fizyki technicznej.

Poziom prac Kandydata oceniam wysoko. Z obowiązku jednak wytknąć muszę, iż zaledwie 3 prace są indywidualne, pozostałe publikacje ukazały się we współautorstwie. Nie mam jednak wątpliwości co do udziału i wkładu własnego Autora. Stosowane przez Niego metody opisu i analizy zjawisk fizycznych i mechanicznych świadczą o dużych możliwościach intelektualnych oraz inwencji Autora. Prezentowane przez Kandydata wyniki dowodzą bezspornie o Jego wkładzie w rozwój mechaniki jako autonomicznej nauki o ruchu. W szczególności podkreślić pragnę jakościowy charakter takich elementów analizy jak nieliniowość, kwantyzacja struktur hamiltonowskich, wprowadzenie iloczynów skalarnych jako zmiennych stanu, wyższy rząd pochodnych czasowych w równaniach Schroedingera.

### **3. Rozprawa habilitacyjna**

Rozprawę stanowi cykl 6-ciu publikacji C1-C6, których wspólnym tematem jest model ciała afinicznie sztywnego tj. struktura materialna (rozmaitość różniczkowa) z elementami podlegającymi translacji, obrotowi oraz jednorodnej deformacji. Modele takie opisują zarówno ośrodki ciągłe z mikrostrukturą, jak i układy dyskretne (ośrodki ziarniste, molekuly, klastery molekuł, układy kwantowe). Cechą wspólną zebranych prac jest aparat formalny opisu i analizy, jakim są metody mechaniki analitycznej oparte na formalizmie hamiltonowskim, grupach symetrii oraz procedurach kwantyzacji dla struktur nanoskopowych.

Praca C1, stanowiąca obszerny raport o objętości 129 stron, poświęcona jest złożonym ciągłym układom dynamicznym z wewnętrznymi stopniami swobody w przestrzeniach nieeuklidesowych. Przykłady analizy dotyczą sfery i torusa.

W pracy C2 przedstawiono przypadek 2-wymiarowy. Obszerna praca C3 dotyczy opisu afinicznych modów drgań obiektów wielocząsteczkowych. Rozważono w szczególności wzajemną interakcję pomiędzy rotacyjnymi i deformacyjnymi stopniami swobody. Rozpatrzono model kwantyzacji dla riemanowskiej rozmaitości, wyznaczając operator Laplace'a-Beltrami'ego. Podano jakościowe uwagi dotyczące poziomów energetycznych.

Jedyna indywidualna publikacja C4 poświęcona jest zastosowaniu modelu ciała afinicznie sztywnego do ośrodka 3D z więzami wewnętrznymi Kirchhoffa-Love'a (przypadek statyczny rozpatrywany w pracach WOŹNIAKA).

Stosując dwubiegunowy i polarny rozkład macierzy uogólnionej prędkości otrzymano szczegółowe postacie energii kinematycznej, a stąd silnie nieliniowe równania ruchu.

W pracy C5 omawiającej ogólnie geometryczne aspekty (strukturę) dynamiki układów afinicznych zwrócono uwagę na fakt, iż dynamiczne odkształcenia sprężyste ośrodka afinicznie sztywnego interweniują nie tylko w postaci energii potencjalnej, ale również w tensorze metrycznym energii kinetycznej. Zwrócono też uwagę na analogię z opisem MES za pomocą sympleksów.

Praca C6 dotyczy przypadku układu afinicznego z więzami. Przedyskutowano wpływ szczególnego rodzaju więzów, takich jak izochoryczne i ruchy bezobrotowe.

Oceniając ogólnie rozprawę należy stwierdzić, że cel przedłożonego cyklu został osiągnięty. Jest nim niewątpliwie przekonujące opracowanie jednolitego, dostatecznie ogólnego modelu ruchu i deformacji ośrodka z mikrostrukturą o szerokim zakresie zastosowań. Wątkiem dominującym rozprawy jest idea symetrii tj. niezmienniczości stosowana nie tylko do procesów kinematycznych, ale przede wszystkim do budowy odpowiednich modeli dynamicznych. Energia kinetyczna układu materialnego dana jest przez niezmienniczy tensor metryczny zbudowany na rozmaitości zanurzonej w przestrzeni fizycznej (konfiguracyjnej) utożsamianej z grupą afiniczną.

Przedstawiony monotematyczny cykl publikacji stanowi oryginalne i rozpowszechnione w obiegu międzynarodowym osiągnięcie naukowe z zakresu modelowania ośrodków złożonych. W szczególności stanowi to osiągnięcie w rozwoju teorii materialnych rozmaitości afinicznych.

Autor uzyskał w sumie szereg cennych i interesujących rezultatów poznawczych takich jak:

- jawne wyodrębnienie w energii kinetycznej układu członów odśrodkowych, Coriolisa oraz czysto deformacyjnych – dzięki zręcznemu wykorzystaniu rozkładów polarnego i biopolarnego macierzy konfiguracji
- obniżenie liczby stopni swobody i pokazanie efektywności koncepcji kwantyzacji struktur hamiltonowskich w nanoskali
- wzajemne oddziaływanie ruchów rotacyjnych i deformacji układów afinicznych, zarówno klasycznych, jak i kwantowych

- pokazanie modeli dynamiki, w których drgania sprężyste występują nie tylko w energii potencjalnej układu, ale i w tensorze metrycznym energii kinetycznej
- omówienie przypadków 2D jako układów z więzami, zanurzonych w 3D (możliwość zastosowań w dynamice molekularnej (płaskie molekuly) oraz w mechanice grafenów)

Dla porządku i ewentualnych sugestii na przyszłość odnotować pragnę uwagę, iż żałować należy, że mając tak dobre przygotowanie, Autor nie pokusił się o szczegółowe zamodelowanie grafenu i nanorurek węglowych z wyznaczeniem konkretnych modułów sprężystości i weryfikację własnego modelu z istniejącymi opisami i danymi znanymi z eksperymentu.

Należy też zauważyć, że w rozprawie nie rozważa się w ogóle pól naprężeń, co zwłaszcza na poziomie kwantowym byłoby interesującym rozszerzeniem pracy. W ostatnim 10-leciu ukazał się szereg prac dotyczących definicji naprężeń w układach kwantowo-mechanicznych.

#### **4. Konkluzja**

Podsumowując całokształt działalności Kandydata stwierdzam z przekonaniem, iż:

- opublikowane prace, wygłoszone referaty oraz udokumentowany udział w grantach świadczą o istotnej aktywności naukowej habilitanta. Świadczą one o stałym rozwoju intelektualnym oraz kompetencjach Kandydata w uprawianej dyscyplinie nauki
- przedłożony jako rozprawa habilitacyjna cykl prac jest dojrzałym i wartościowym osiągnięciem naukowym, stanowiąc wkład w rozwój modelowania i metod analizy mechaniki analitycznej złożonych struktur materialnych, zarówno skończone, jak i nieskończone wymiarowych.  
W sumie opublikowane wyniki świadczą o bezspornym wkładzie Autora w rozwój uprawianej przez Niego dyscypliny.
- Kandydat wykazał się ewidentną aktywnością i umiejętnością udokumentowanej współpracy krajowej i międzynarodowej

Ubieganie się Kandydata o stopień doktora habilitowanego uważam za w pełni uzasadnione.

Wnoszę zatem o pozytywne rozstrzygnięcie postępowania habilitacyjnego i nadanie Dr Vasylovi KOVALCHUKOWI stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie MECHANIKA.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large 'O', a vertical line, and a checkmark-like flourish.