

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Манько Н. М. "Синергетичне представлення переривчастого режиму межового тертя", представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла

Актуальність теми дисертації. В останні роки фізика процесів, що відбуваються при плавленні ультратонкої плівки мастила, що затиснута між атомарно-гладкими поверхнями, привертає увагу спеціалістів. Це пов'язано із тим, що з розвитком нанотехнологій стало можливим проведення експериментів із такими системами. Ці експерименти показали, що вказані системи ведуть себе аномальним чином по відношенню до об'ємних мастил того самого типу. У зв'язку із цим існує низка невирішених питань, зокрема опис переривчастого тертя у рамках реологічної моделі. Також у дисертації досліджується вплив адитивних шумів у рамках моделі зсувного плавлення у твердих тілах. Механізм зсувного плавлення в твердих тілах має велике прикладне значення у практичних проблемах деформації матеріалів. Але існуючий на сьогодні теоретичний опис цього процесу не є повним і потребує завершення.

Основна частина роботи стосується вивчення плавлення ультратонкої плівки мастила при межовому режимі тертя. До досліджених в роботі найбільш важливих питань слід віднести дослідження хаотичної природи переривчастого тертя, а також дослідження впливу шуму та неоднорідностей мастила. Отримані результати демонструють наявність різної природи переривчастих режимів тертя, коли мастило постійно твердіє та плавиться. Такі переходи інтерпретуються як фазові переходи, але не між термодинамічними рівноважними станами, а між кінетичними режимами тертя. В дисертаційній роботі Манько Н.М. вивчається також самоподібний режим при плавленні мастила, коли часові залежності напружень, що виникають у плівці, мають фрактальну структуру. Це обумовлено степеневим видом розподілу напружень за їх величиною у визначеному діапазоні. З огляду на вищесказане, обраний автором предмет досліджень на сьогодні безперечно є актуальним в області мікроелектроніки, оскільки режим межового тертя може виникати у системах типу запам'ятовуючих пристроїв, у яких є рухливі частини, що труться. Також робота актуальна з точки зору отримання матеріалів, оскільки знаходяться параметри мастила, при яких спостерігаються умови зменшення тертя.



Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. В дисертаційній роботі застосовано достатньо широкий спектр сучасних методів теоретичної фізики. Це теорія фазових переходів, реологічні методи опису в'язко-пружного середовища, стохастичні методи, методи статистичної фізики тощо. Також використовуються методи обчислювальної математики та математичного моделювання. Отримані результати якісно порівнюються з отриманими експериментально фахівцями у вказаній області. Результати роботи доповідались та обговорювались на міжнародних конференціях і опубліковані в провідних вітчизняних та іноземних журналах. Підсумовуючи зазначене, можна стверджувати про наукову достовірність та обґрунтованість результатів дисертації.

Новизна отриманих результатів. Дисертаційна робота складається з п'яти розділів, перший із яких є літературним оглядом. Подальші три розділи стосуються вивчення різних ефектів у рамках однієї розробленої раніше реологічної моделі. При розгляді кожного випадку ця модель доповнюється автором. Останній розділ стосується дослідження процесу зсувного плавлення в твердих тілах. Відповідно, в кожному оригінальному розділі роботи було отримано та обґрунтовано нові наукові результати, серед яких слід виділити такі.

1. У детерміністичному випадку існуючу модель межового тертя доповнено дослідженням хаотичної поведінки трибологічної системи. Описання детерміністичної природи переривчастого режиму дозволяє узагальнити отримані раніше результати в рамках синергетичної моделі. Також досліджено вплив температури на поведінку системи та показано, що при перевищенні температурою критичного значення спостерігається режим, що відповідає атрактору Лоренця. Проаналізовано різні стаціонарні стани мастила на стійкість при різних співвідношеннях основних параметрів.

2. Врахування просторової неоднорідності напружень, деформації та температури по товщині мастила, крім ньютонівської поведінки, дозволяє описати випадок, у якому при поверхневий шар мастила твердне і рухається з поверхнею як єдине ціле.

3. Вивчення впливу білого шуму дозволяє представити режим переривчастого тертя у випадку врахування деформаційного дефекту модуля зсуву. Отримано часові залежності напружень та встановлено умови, при яких спостерігається самоподібна поведінка в обмеженому діапазоні напружень.

4. Для моделі зсувного плавлення тверди тіл визначено умови, за яких система демонструє монофрактальну або мультифрактальну поведінку. Також показано, що зменшення інтенсивності шуму параметра порядку посилює мультифрактальну поведінку.

Практична цінність роботи. Результати роботи розкривають перспективи щодо пояснення експериментів з межового тертя та підбору параметрів системи, що сприяють зменшенню тертя. Також результати роботи дозволяють прогнозувати характеристики мастильних матеріалів, які відповідатимуть умовам зменшення руйнування поверхонь тертя. Результати роботи розширюють фізичні уявлення про механізми та закономірності межового тертя та зсувного плавлення в твердих тілах.

На основі ознайомлення з науковими працями здобувача можна стверджувати, що **повнота викладу основних результатів дисертації в наукових працях** є майже стовідсоткова за виключенням п.4.5 в четвертому розділі, де йдеться про умови самоподібної поведінки системи.

За змістом **автореферат ідентичний дисертації** та містить стисле викладення постановки завдання, методики досліджень, основних результатів та висновків.

Зауважень до оформлення дисертації немає, оскільки воно виконане у відповідності до вимог та існуючих стандартів України оформлення документацій у сфері науки та техніки.

Зауваження до змісту роботи.

1. Розкид значень інтенсивностей шуму в дисертаційній роботі досить значний. Незрозуміло, чим можна пояснити саме такий вибір інтенсивностей шуму основних параметрів та чи всі ці значення мають фізичний зміст.

2. У другому розділі при аналізі на стійкість виявлено хаотичну поведінку детерміністичної моделі, а четвертий розділ вказує на стохастичну природу переривчастого режиму. Було б доцільно привести для другого розділу такий самий аналіз як і четвертого, і навпаки.

3. У літературному огляді доцільно було б детальніше зупинитися на стандартних моделях пластичної деформації нанокристалічних матеріалів, зокрема, висвітлити можливу роль так званого зворотнього ефекту Холла-Петча.

4. Крім того, для більш глибокого зрозуміння фізичних процесів в системах, які досліджуються, було б корисно у всієї роботі ширше користуватися методами Молекулярної Динаміки та(або) опиратися в своїх висновках на результати атомістичного комп'ютерного моделювання.

Загальний висновок.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи та на цінність отриманих в ній результатів. В цілому дисертація Манько Н.М. "Синергетичне представлення переривчастого режиму межового тертя" є завершеною працею, має своїм підсумком нові наукові результати, суттєві для подальшого розвитку фізики межового тертя. Таким

чином, дисертація відповідає всім вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор, Манько Н.М., безумовно заслуговує присудження її наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент

кандидат фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник,

провідний науковий співробітник

відділу квантової електродинаміки сильних полів

Інституту прикладної фізики

НАН України (м. Суми)

Кульментьев

О.І. Кульментьев

Підпис к.ф.-м.н., с.н.с. Кульментьева О.І.
засвідчую

уч. секр.

ІТФ

НАН України

Ворошило

О. І.

