

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор Сумського
державного університету



В. Д. Карпуша
2025 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів докторської дисертації Дворниченко Аліни Василівни на тему «Самоорганізація адсорбату з формуванням нано-розмірних структур при конденсації та епітаксії», подану на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Призначені рішенням Вченої ради Сумського державного університету (протокол № 0559-I від 2 червня 2025 року) рецензенти, а саме:

- **ЧОРНОУС Анатолій Миколайович**, проректор з наукової роботи Сумського державного університету, доктор фізико-математичних наук, професор;
- **ШУДА Ірина Олександрівна**, завідувачка кафедри математичного аналізу і методів оптимізації Сумського державного університету, доктор фізико-математичних наук, професор;
- **КОРНЮЩЕНКО Ганна Сергіївна**, доцент кафедри прикладної математики та моделювання складних систем Сумського державного університету, доктор фізико-математичних наук, доцент

розглянувши докторську дисертацію Дворниченко Аліни Василівни та наукові публікації, в яких висвітлені основні наукові результати докторської дисертації, а також за результатами фахового семінару апробаційної ради за спеціальністю 105 Прикладна фізика і нанoeлектроніка (протокол № 9 від 24 червня 2025 року), прийняли такий висновок щодо дисертаційної роботи на тему «Самоорганізація адсорбату з формуванням нано-розмірних структур при конденсації та епітаксії».

1. Актуальність теми дослідження. Стійкий інтерес до нано-матеріалів пов'язаний зі стрімким розвитком сучасної мікро та нанoeлектроніки. Це, у першу чергу, викликано широким використанням нано-структурованих об'єктів, які мають властивості, зокрема через прояв дії розмірних ефектів, а саме гігантський магнітоопір, контрольовану оптичну емісію, високу ефективність фотоелектричних перетворень, наднизьку теплопровідність, у сучасній нанoeлектроніці, комунікаційних приладах та пристроях, зокрема в магніто-резистивних датчиках, пристроях пам'яті, оптичних пристроях, тощо. Тому задача всебічного детального дослідження режимів отримання наноструктур з використанням різних технологій, як то при конденсації з газової фази, чи плазми, та при епітаксiальному рості, є актуальною.

У колі сучасних проблем фізики твердого тіла та фізики конденсованого стану особливе місце займають дослідження, спрямовані на з'ясування ролі основних механізмів, що приводять до утворення стійких багаточастикових нано-

структурних об'єктів в тонких плівках, а також встановлення механізмів контролювання типом та розміром наноструктур на поверхні тонких плівок. Актуальність цього дисертаційного дослідження пов'язана з розвиненням теоретичних положень з метою вивчення і детального аналізу процесів формування багат шарових структур адсорбату при конденсації в системах газ/плазма-конденсат та епітаксiальному рості з урахуванням квазі-хімічних реакцій, взаємодії адсорбату, відповідних флуктуацій, зовнішнього електричного поля, що приводить до анізотропної дифузії адатомів між шарами багато шарових структур та анізотропного поверхневого потоку адсорбату, індукованого процесами електроміграції та анізотропією ґратки субстрату. Це є важливими для з'ясування впливу основних факторів, умов та технологій вирощування нано-структурованих тонких плівок на морфологію зростаючої поверхні та статистичні характеристики поверхневих структур. Результати відповідних досліджень дозволять спрогнозувати поведінку системи при зміні керуючих параметрів, встановити режими контролю морфологією поверхневих структур та їх розміром, та умови формування анізотропних структур.

Вирішення проблеми отримання нано-структурованих тонких плівок наперед заданими властивостями у дисертації досягається розв'язанням низки задач, пов'язаних зі встановленням впливу основних параметрів системи, як то, енергії взаємодії адсорбату, коефіцієнту адсорбції, коефіцієнтів поверхневої дифузії адатомів та їх дифузії між шарами на характер зміни морфології поверхневих структур; вивченням характеру зміни геометрії структур адсорбату в умовах анізотропної горизонтальної дифузії, індукованої ефектами поверхневої електроміграції, та за умови анізотропії системи, викликані характером структурного упорядкування атомів ґратки на поверхневому шарі, що представляє високо-ентропійний сплав; дослідженням законів росту середнього розміру структур адсорбату на різних шарах та встановленням характеристик розподілу структур адсорбату за розмірами. Такі дослідження нададуть змогу отримати детальні уявлення щодо процесів самоорганізації адатомів у нано-розмірні кластери при конденсації та епітаксiальному рості нанос-структурованих тонких плівок. Застосування сучасних числових методів та аналітичних підходів дозволяє детально проаналізувати динаміку відповідних процесів формування та росту поверхневих структур та з'ясувати механізми контролю морфологією нано-структурованих поверхонь. Отримані результати дозволять описати існуючі дані експериментальних досліджень та виробити рекомендації щодо корегування технології отримання нано-структурованих тонких плівок для встановлення оптимальних значень параметрів конденсації при дослідженні процесів формування та росту тонких плівок із наперед заданою морфологією та заданим розміром поверхневих структур в реальних експериментах.

2. Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки на період до припинення або скасування воєнного стану в Україні (напрямок «Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави») затвердженого Законом України від 21 грудня 2023 р. № 3534-IX.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі прикладної математики та моделювання складних систем Сумського державного університету. Основні результати були одержані в процесі виконання держбюджетних науково-дослідних робіт: «Дослідження процесів формування стаціонарних структур нано розмірного масштабу в процесах епітаксійного росту та конденсації» (реєстр. № 0112U006813); «Фізичні властивості двовимірних нано матеріалів та металевих нано частинок» (реєстр. № 0117U003923); «Дослідження процесів формування багаточастикових анізотропних нано-розмірних структур адсорбату при конденсації та епітаксiальному рості» (реєстр. № 0117U003927).

3. Особистий внесок Дворниченко Аліни Василівни полягає у виборі напрямку дослідження, аналізуванні стану проблеми, формуванні та розробленні основної ідеї та теми дисертації, формулюванні мети та постановці задач дослідження, проведенні самостійного пошуку та аналізу експериментальних та теоретичних даних стосовно процесів формування та росту нано-розмірних структур адсорбату при конденсації та епітаксiальному рості. В дисертації викладені результати досліджень, виконаних здобувачем самостійно та у співробітництві з іншими авторами. Всі основні результати одержані автором особисто або за його безпосередньої участі. Здобувач безпосередньо брав участь у виконанні всіх етапів цього дослідження: у постановці всіх задач, розробці науково-теоретичних положень системного підходу до вирішення поставленої проблеми, підходів та методів розв'язання поставленої задачі, побудові моделей та проведенні теоретичних розрахунків, розробці алгоритмів та обчислювальних кодів, числовому моделюванні, інтерпретації, аналізі та узагальненні всіх отриманих результатів, написанні наукових статей та підготовці доповідей на конференціях. Внесок автора в працях, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації, а також у впровадженні результатів дисертаційного дослідження.

4. Основні положення та результати дисертаційних досліджень доповідалися та обговорювалися на 15-ти наукових семінарах, зокрема Інституту прикладної фізики НАН України (м. Суми, Україна), Інституту магнетизму НАН та МОН України (м. Київ, Україна), Інституту монокристалів НАН України (м. Харків, Україна), Інституту фізики конденсованих систем НАН України (м. Львів, Україна), Черкаському національному університеті ім. Богдана Хмельницького (м. Черкаси, Україна), Запорізькому національному університеті (м. Запоріжжя, Україна), Херсонському національному технічному університеті (м. Херсон, Україна); а також на 19-ти Всеукраїнських та міжнародних конференціях, зокрема, Conference on Nanophononics, Bridging Statistical Physics, Molecular Modeling and Experiments (м. Трієст, Італія, 2019), Conference on nanomaterials: «Applications & Properties» (2018, 2019, 2022-2024), Міжнародна конференція «Nanotechnology and nanomaterials» (2014, 2016, 2019, 2024), «XIV Всеукраїнська школа-семінар у галузі статистичної фізики і теорії конденсованої речовини» (2014, 2018, 2019).

5. Наукова новизна одержаних результатів.

1. Уперше виявлено, що у процесах конденсації матеріалів з меншим коефіцієнтом дифузії між шарами формуються нано-отвори в матриці адсорбату,

тоді як у матеріалах з підвищеним значенням коефіцієнту вертикальної дифузії формуються відокремлені острівці адсорбату. Уперше встановлено, що в системах з великою невідповідністю параметрів ґратки формується менша кількість острівців адсорбату більшого розміру. При конденсації на неупорядковану багатокомпонентну підкладку формується велика кількість менших острівців.

2. Уперше показано, що в системах плазма-конденсат збільшення напруженості підведеного перпендикулярно до підкладки електричного поля індукує формування отворів в матриці адсорбату, приводить до зменшення концентрації адсорбату в системі, уповільнення процесів утворення поверхневих структур та зміну морфології поверхні з утворенням відокремлених острівців адсорбату. Виявлено, що врахування флуктуацій напруженості електричного поля може індукувати процеси структурування поверхні. Збільшення інтенсивності цих флуктуацій приводять до зміни морфології поверхневих структур.

3. Дістала подальшого розвитку модель багато-шарової конденсації. Виявлено, що ширина тераси пірамідальних багато-шарових структур адсорбату збільшується з висотою при малій інтенсивності підведеного електричного поля. При підвищеній інтенсивності зовнішнього впливу всі тераси мають однакову ширину.

4. Встановлено, що збільшення напруженості підведеного паралельно до підкладки електричного поля приводить до формування структур адсорбату видовжених у напрямку прикладеного поля за рахунок ефектів електроміграції та реалізації перколяційних кластерів, морфологія яких залишається стійкою при вимиканні електричного поля.

5. Уперше запропоновано модель еволюції температури зростаючої поверхні у процесах конденсації та епітаксії, що дозволило виявити локальний розподіл температури на підкладці. Встановлено, що на початкових стадіях росту структур частота осциляцій температури адсорбату збільшується з потоком осадження. Виявлено, що температура на вищих терасах багатошарових структур є меншою ніж на нижніх.

6. Практичне значення одержаних результатів полягає у такому. Фундаментальне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони розкривають нові закономірності, пов'язані з впливом дії температури підкладки, повздовжнього або поперечного електричного поля, швидкості конденсації, тиску насиченої пари, які впливають на умови конденсації атомів на підкладку. Отримані в дисертаційній роботі результати дозволяють описати існуючі експериментальні дані, пов'язані з формуванням тонких плівок металів, зокрема епітаксійних. Отримані в рамках дисертаційної роботи результати мають не лише фундаментальне, а й прикладне значення. Вони можуть бути використані у прикладних дослідженнях і розробках нових технологій, або вдосконалення підходів для отримання тонких плівок із наперед заданим структурно-фазовим станом та фізичними властивостями.

7. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 43 наукових праць, з яких: 1 колективна монографія; 3 розділи до монографій, 20 статей у наукових фахових журналах, які індексуються наукометричними базами Scopus та/або Web of Science, з яких 11 статей опубліковані у журналах, які входять до кuartилів Q1 та Q2 відповідно до Scimago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;

а також 19 матеріалів доповідей у збірниках праць конференцій. Відповідно до восьмого абзацу підпункту 1 пункту 2 Наказу МОН України «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» від 23.09.2019р. № 1220 кількість публікацій, у яких відображені **основні** наукові результати, прирівнюється до **42 публікацій**.

Відзначаємо, що в внесок Дворниченко Аліни Василівни у публікаціях у співавторстві є визначальним.

Статті (фахові видання, віднесені до першого Q1 і другого Q2 кuartилів відповідно до Scimago Scientific Journal Rankings (SJR))

1. Kharchenko D.O., Kharchenko V.O., Zhylenko T., Dvornichenko A.V. A study of pyramidal islands formation in epitaxy within the generalized phase-field model. European Physical Journal B, V.86, p.175 (2013).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила чисельний експеримент, аналіз та інтерпретування отриманих результатів щодо локальних змін температури зростаючої поверхні, брала участь у написанні і подачі статті.

2. Kharchenko V.O., Kharchenko D.O., Dvornichenko A.V. Statistical properties of nanosized clusters on a surface in overdamped stochastic reaction-Cattaneo systems. Surface Science, V. 630, p.158 (2014).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила частину досліджень аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

3. Kharchenko V.O., Kharchenko D.O., Dvornichenko A.V. Scaling properties of pyramidal islands formation process at epitaxial growth. European Physical Journal B, V. 88, p. 3 (2015).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила числовий експеримент, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

4. Kharchenko V.O., Kharchenko D.O., Dvornichenko A.V. Thermal effects in nano-sized adsorbate islands growth processes at vapor deposition. Physica A, V. 444, p. 689 (2016).

Здобувачка особисто приймав участь у постановці задачі, проводила числовий експеримент, аналіз та інтерпретування отриманих результатів щодо локальних змін температури зростаючої поверхні, брала участь у написанні і подачі статті.

5. Kharchenko V.O., Dvornichenko A.V., Borysiuk V.N. Formation of adsorbate structures induced by external electric field in plasma-condensate systems. European Physical Journal B, 91, 93 (2018).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила теоретичні дослідження, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

6. Kharchenko V.O., Dvornichenko A.V. Nano-structured thin films growth in stochastic plasma-condensate systems. European Physical Journal B, V. 92, p. 57 (2019).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила числовий експеримент, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

7. Dvornichenko A.V., Kharchenko D.O., Lysenko I.O., Kharchenko V.O. Islands growth control in adsorptive multilayer plasma-condensate systems. Journal of Crystal Growth, 514, 1 (2019).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила частину числових експериментів, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

8. Kharchenko V.O., Dvornichenko A.V., Zhylenko T.I. Nano-sized islands growth control in plasma-condensate devices. Applied Nanoscience, V. 10, p. 2535 (2020).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила частину числових експериментів, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

9. Dvornichenko A.V., Kharchenko V.O. Scaling properties of the growing monolayer on the disordered substrate. Physics Letters A, V. 384, p. 126329 (2020).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила числовий експеримент та розрахунок фрактальних розмірностей, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

10. Dvornichenko A.V., Kharchenko V.O., Kharchenko D.O. Electromigration-Induced Formation of Percolating Adsorbate Islands During Condensation from the Gaseous Phase: A Computational Study. Beilstein J. Nanotechnol., V. 12, p. 694 (2021).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила частину числових експериментів, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

11. Dvornichenko A.V., Kharchenko V.O., Kharchenko D.O. Impact of adsorbate-substrate interaction on nano-structured thin films growth during low-pressure condensation. Beilstein J. Nanotechnol., V.16, p.473 (2025).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила числові експерименти, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

Інші статті (фахові видання, не віднесені до першого Q1 і другого Q2 квартилів відповідно до Scimago Scientific Journal Rankings (SJR)

12. Харченко В.О., Харченко Д.О., Лисенко І.О., Кохан С.В., Яновський В.В., Дворниченко А.В. Моделювання процесів формування пірамідальних структур при епітаксiальному рості. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, Т. 13, с. 577, (2015).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила частину числових експериментів з урахуванням варіацій температури, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

13. Харченко В.О., Харченко Д.О., Кохан С.В., Яновський В.В., Дворниченко А.В. Формування нанорозмірних структур адсорбату у процесах конденсації з газової фази. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, Т. 14, с. 47, (2016).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила частину числових експериментів формування ізотропних багатошарових структур, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

14. Харченко В.О., Яновський В.В., Дворниченко А.В. Формування нанорозмірних структур адсорбату в процесах конденсації з газової фази з урахуванням температурних ефектів. Металофіз. новітні технол., Т. 38, с. 205 (2016).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила теоретичні розрахунки та частину числових експериментів, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, написанні і подачі статті.

15. Dvornichenko A.V., Kharchenko V.O., Kharchenko D.O. Transitions from low-density state towards high-density state in stochastic bistable plasma-condensate systems. Condensed Matter Physics, 21, 43001 (2018).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

16. Kharchenko V.O., Dvornichenko A.V., Kharchenko D.O. Noise induced effects at nano-structured thin films growth during deposition in plasma-condensate devices. Condensed Matter Physics, V. 23, p. 33001 (2020).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила числові експерименти, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

17. Дворниченко А.В., Харченко Д.О., Харченко В.О. Моделювання динаміки формування та росту нанорозмірних поверхневих структур в системах «плазма–конденсат». Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, Т. 18, с. 775, (2020).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила числові експерименти, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

18. Дворниченко А.В., Харченко В.О., Манько Н.М. Вплив дифузії адатомів між шарами на структурування зростаючої тонкої плівки під час конденсації. Металофіз. новітні технол., Т. 43, с. 289 (2021).

Здобувачка особисто приймала участь у постановці задачі, проводила частину теоретичних та числових розрахунків, аналіз та інтерпретування отриманих результатів, брала участь у написанні і подачі статті.

19. Dvornichenko A.V. Electromigration effects at epitaxial growth of thin films: Phase-field modeling. Ukr. J. Phys., V. 66, p. 439 (2021).

Робота виконана самостійно.

20. Dvornichenko A.V. Influence of Interactions between Adsorbate and Substrate on the Statistical Properties of Surface Structures at Condensation. J. Nano- Electron. Phys., V. 17, p. 02005 (2025).

Робота виконана самостійно.

Монографії та розділи монографій

21. Дворниченко А.В., Харченко В.О., Харченко Д.О. Моделювання самоорганізації адсорбату при конденсації та епітаксії. (Сумський державний університет, Суми, 2020).

22. Kharchenko V.O., Dvornichenko A.V., Kharchenko D.O. Nano-sized Adsorbate Island Formation in Adsorptive Anisotropic Multilayer Systems. In: Fesenko, O., Yatsenko, L. (eds) Nanocomposites, Nanostructures, and Their Applications. NANO 2018. Springer Proceedings in Physics, V. 221, p. 135. Springer, Cham, 2019.

23. Kharchenko V.O., Dvornichenko A.V. Modeling Self-organization of Adsorbate at Chemical Vapor Deposition in Accumulative Ion Plasma Devices. In: Fesenko, O., Yatsenko, L. (eds) Nanooptics and Photonics, Nanochemistry and Nanobiotechnology, and Their Applications. Springer Proceedings in Physics, V. 247., p. 97. Springer, Cham, 2020.

24. Dvornichenko A.V., Shchokotova O.M. Modeling Multilayer Pyramidal-Like Adsorbate Structures Growth During Deposition at Homoepitaxy. In: Fesenko, O., Yatsenko, L. (eds) Nanomaterials and Nanocomposites, Nanostructure Surfaces, and Their Applications. Springer Proceedings in Physics, V. 246, p. 425. Springer, Cham, 2021.

8. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла за такими пунктами.

– Вивчення впливу зовнішніх факторів (температури, механічних напружень, статичних електричних та магнітних полів, електромагнітного поля, радіаційного опромінення) на фізичні властивості твердих тіл та встановлення особливостей релаксаційних процесів, зумовлених цим впливом.

– Термодинаміка та фазові перетворення в твердих тілах. Атомна структура та фазові переходи в адсорбованих шарах на поверхні твердих тіл.

– Фізичні властивості низьковимірних систем. Фізичні основи цілеспрямованого формування складу та структури матеріалів у компактному та низьковимірних станах, що мають нові корисні властивості. Механізми формування структури та фізичні властивості тонких плівок (аморфних полі- та монокристалічних), у тому числі багат шарових.

УХВАЛИЛИ:

1. Дисертаційна робота Дворниченко А.В. на тему «Самоорганізація адсорбату з формуванням нано-розмірних структур при конденсації та епітаксії» є завершеною науковою працею, яка містить нові науково-обґрунтовані теоретичні результати щодо вирішення науково-технічної проблеми з'ясування ролі основних механізмів, що приводять до утворення стійких багат шарових наноструктурних об'єктів в тонких плівках, а також встановлення механізмів контролювання типом та розміром наноструктур на поверхнях тонких плівок при конденсації та епітаксії, а також робота характеризується єдністю змісту, відповідає принципам академічної доброчесності і свідчить про особистий внесок здобувачки в науку.

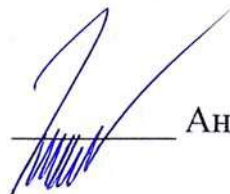
2. У 43 наукових працях автора в повній мірі висвітлено зміст дисертації Дворниченко А.В., з них 1 колективна монографія; 3 розділи до монографій, 20 статей у наукових фахових журналах, які індексуються наукометричними базами Scopus та/або Web of Science, з яких 11 статей опубліковані у журналах, які входять до кuartилів Q1 та Q2 відповідно до Scimago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports, а також 19 матеріалів доповідей у збірниках праць конференцій. Відповідно до восьмого абзацу підпункту 1 пункту 2 Наказу МОН України «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» від 23.09.2019р. № 1220 кількість публікацій, у яких відображені основні наукові результати, прирівнюється до **42 публікацій**.

3. Дисертація Дворниченко Аліни Василівни на тему «Самоорганізація адсорбату з формуванням нано-розмірних структур при конденсації та епітаксії» відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 р.

4. З урахуванням значення виконаної роботи та актуальності проведених досліджень дисертаційна робота Дворниченко Аліни Василівни на тему «Самоорганізація адсорбату з формуванням нано-розмірних структур при конденсації та епітаксії» рекомендується до представлення на розгляд у спеціалізовану вчену раду Д 55.051.02 на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Рецензенти:

Проректор з наукової роботи
Сумського державного університету
доктор фізико-математичних наук, професор

 Анатолій ЧОРНОУС

Завідувачка кафедри математичного
аналізу і методів оптимізації
Сумського державного університету
доктор фізико-математичних наук, професор

 Ірина ШУДА

Професор кафедри прикладної математики
та моделювання складних систем
Сумського державного університету
доктор фізико-математичних наук, доцент

 Ганна КОРНЮЩЕНКО