

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії **Роман Скороход** 1995 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2018 році Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали».

В 2018 р. вступив до аспірантури ІПФ НАН України і виконав акредитовану освітньо-наукову програму 56300 «Фізика» (104 Фізика та астрономія). Наразі є аспірантом ІПФ НАН України.

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Інституту прикладної фізики Національної академії наук України від 12 липня 2024 року № 101 у складі:

Голови разової спеціалізованої вченої ради:

Харченка Дмитра, доктора фізико-математичних наук, професора, завідувача відділу моделювання радіаційних ефектів та мікроструктурних перетворень у конструкційних матеріалах, Інституту прикладної фізики Національної академії наук України.

Рецензентів:

- **Батуріна Володимира**, кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника, заступника завідувача відділу ядерно-фізичних досліджень, Інституту прикладної фізики Національної академії наук України;
- **Лисенка Олега**, кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника відділу моделювання радіаційних ефектів та мікроструктурних перетворень у конструкційних матеріалах, Інституту прикладної фізики Національної академії наук України.

Офіційних опонентів:

- **Гохмана Олександра**, доктора фізико-математичних наук, професора кафедри прикладної математики та інформатики, Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського» МОН України;
- **Марченка Івана**, доктора фізико-математичних наук, професора, завідувача відділу фізики радіаційних технологій, Науково-виробничого комплексу «Відновлювані джерела енергії та ресурсозберігаючі технології», Національного наукового центру "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України.

на засіданні 16 вересня 2024 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки **Роману Скороходу** на підставі публічного захисту дисертації «Радіаційно-індукована сегрегація в концентрованих металевих сплавах Fe-Cr та Fe-Cr-Ni» за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

Дисертація виконувалася у відділі ядерно-фізичних досліджень та в лабораторії інтегрованого моделювання механічних властивостей конструкційних матеріалів під дією опромінення Інституту прикладної фізики Національної академії наук України, м. Суми.

Науковий керівник: **Коропов Олександр**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, старший науковий співробітник лабораторії інтегрованого моделювання механічних властивостей конструкційних матеріалів під дією опромінення Інституту

Дисертація подана у вигляді спеціально підготовленого рукопису. Дисертація виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для радіаційного матеріалознавства. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач має 17 наукових публікацій за темою дисертації, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України; 14 тез виступів на наукових конференціях.

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Скороход Р.В.** Моделювання радіаційно-індукованої сегрегації в стопі Fe-9 ат.% Cr з урахуванням дислокаційної підсистеми стопу / **Р.В. Скороход**, О.В. Коропов // Металофізика та новітні технології. – 2022. – Том 44, № 6.– С. 691–711. (Scopus, Q3) DOI: 10.15407/mfint.44.06.0691

Автор розрахував визначальні кількісні характеристики радіаційно-індукованої сегрегації, а саме концентраційні профілі атомів Cr і точкових дефектів, величину поверхневого збагачення атомів Cr, повну ширину концентраційного профілю атомів Cr на рівні половини максимального збагачення та сегрегаційну площу Cr, за різних швидкостей продукування точкових дефектів, набраних доз опромінення, температур і густин дислокацій в дислокаційній підсистемі стопу. Одержав залежності поверхневого збагачення атомів Cr, повної ширини концентраційного профілю атомів Cr на рівні половини максимального збагачення і сегрегаційної площі Cr від зазначених умов опромінення та брав участь у аналізі результатів.

2. Коропов О.В. Визрівання Оствальда сферичних виділень на міжзеренній межі, яке лімітується поверхневою кінетикою / О.В. Коропов, **Р.В. Скороход** // Східно-європейський фізичний журнал. – 2019. – № 1 — С. 75–85. (Scopus, Web of Science Core Collection, Q4) DOI: 10.26565/2312-4334-2019-1-07

Автор використав асимптотичний аналіз Ліфшиця-Сльозова та одержав асимптотичні вирази для критичного радіусу виділення, пересичення твердого розчину, густини виділень, функцію розподілу виділень за розмірами, коефіцієнт заповнення міжзеренної межі виділеннями, повне число атомів домішки в виділеннях на одиницю площі міжзеренної межі.

3. **Скороход Р.В.** Моделювання радіаційно-індукованої сегрегації в бінарних сплавах / **Р.В. Скороход**, О.М. Бугай, В.М. Білик, В.Л. Денисенко, О.В. Коропов // Східно-європейський фізичний журнал. – 2018. –Том 5, № 1 — С. 61–69. (Web of Science Core Collection, Q4) DOI: 10.26565/2312-4334-2018-1-07

Автор провів числове моделювання радіаційно-індукованої сегрегації в стопі Fe-9Cr, одержав основні залежності в околі стоків точкових дефектів від швидкості продукування точкових дефектів, температури та товщини зразка, дослідив чутливість моделі від вхідних параметрів, вихід на стаціонарний режим радіаційно-індукованої сегрегації та вплив граничних умов на результат моделювання.

Тези виступів на наукових конференціях

1. **Скороход Р.В.** Моделювання радіаційно-індукованої сегрегації в тонких плівках Fe-Cr. / **Р.В. Скороход** // Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (Суми, 24-25 квітня 2018 р.). – Суми, 2018. – С. 53-54.

2. **Скороход Р.В.** Моделювання радіаційно-індукованої сегрегації в тонких плівках Fe-Cr-Ni. / **Р.В. Скороход**, В.Л. Денисенко, О.В. Коропов // Збірник тез XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» (Харків, 14-16 листопада 2018 р.). – Харків, 2018. – С. 46-47.

3. **Скороход Р.В.** Моделювання радіаційно-індукованої сегрегації в сплавах Fe-Cr-Ni під дією іонного опромінення. / **Р.В. Скороход**, О.В. Коропов, В.Л. Денисенко, В.Ю. Сторіжко // Збірник тез XVII Конференції з фізики високих енергій та ядерної фізики (Харків, 26-29 березня 2019 р.). – Харків, 2019. – С.78.

4. **Скороход Р.В.** Моделювання радіаційно-індукованої сегрегації в потрійних концентрованих металевих сплавах. / **Р.В. Скороход** // Збірник тез V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (Суми, 22-24 квітня 2019 р.). – Суми, 2019. – С. 70-71.

5. **Скороход Р.В.** Математична модель радіаційно-індукованої сегрегації в концентрованих металевих сплавах Fe-Cr-Ni. / **Р.В. Скороход**, О.В. Коропов // Збірник тез VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Математика в сучасному технічному університеті» (Київ, 27–28 грудня 2019 р.). – Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю. В., 2020. – С. 153-160.

6. **Скороход Р.В.** Розрахунки визначальних кількісних характеристик радіаційно-індукованої сегрегації в концентрованих металевих сплавах Fe-Cr-Ni. / **Р.В. Скороход**, О.В. Коропов // Збірник тез VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (Суми, 13-15 квітня 2020 р.). – Суми, 2020. – С. 45-48.

7. Коропов О.В. Диференціальні рівняння радіаційно-індукованої сегрегації в N-компонентних концентрованих металевих стопах. / О.В. Коропов, **Р.В. Скороход** // Збірник тез IX Міжнародної науково-практичної конференції «Математика в сучасному технічному університеті» (Київ, 28–29 грудня 2020 р.). – Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю. В., 2021. – С. 80-89.

8. **Скороход Р.В.** Моделювання впливу дислокаційної підсистеми на ефекти радіаційно-індукованої сегрегації в трикомпонентному сплаві Fe-20%Cr-8%Ni. / **Р.В. Скороход**, О.В. Коропов // Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (Суми, 12-14 квітня 2021 р.). – Суми, 2021. – С. 76-77.

9. **Skorokhod R.** The governing quantitative characteristics of radiation-induced segregation in Fe-Cr-Ni alloy. / **R. Skorokhod**, O. Koropov // Proceedings of XII Conference of Young Scientists “Problems of Theoretical Physics” (Kyiv, December 21 – 22, 2021). – Kyiv, 2021. – P. 9-10.

10. **Скороход Р.В.** Вплив енергій міграцій вакансій компонентів сплаву на ефекти радіаційно-індукованої сегрегації в аустенітних сплавах Fe-Cr-Ni. / **Р.В.**

Скороход, О.В. Коропов // Збірник тез VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (Суми, 24-26 жовтня 2022 р.). – Суми, 2022. – С. 71-73.

11. **Скороход Р.В.** Дослідження впливу швидкості продукування точкових дефектів та температури на радіаційно-індуковану сегрегацію в сплавах Fe-Cr-Ni методом комп'ютерного моделювання. / **Р.В. Скороход, О.В. Коропов** // Збірник тез IX Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (Суми, 10-12 квітня 2023 р.). – Суми, 2023. – С. 78-80.

12. **Скороход Р.В.** Розрахунки визначальних кількісних характеристик радіаційно-індукованої сегрегації в сплавах Fe-20Cr-8Ni за різних умов опромінення. / **Р.В. Скороход, О.В. Коропов** // Збірник тез XXIII Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини (Львів, 26-27 жовтня 2023 р.). – Львів, 2023. – С. 28.

13. **Skorokhod R.** The Mutual Influence of Production Rate of Point Defects and Temperature on the Effects of Radiation-Induced Segregation in the Fe-20Cr-8Ni Alloy. / **R. Skorokhod, O. Koropov** // Proceedings of XIV Conference of Young Scientists "Problems of Theoretical Physics" (Kyiv, January 16 – 17, 2024). – Kyiv, 2024. – P. 12.

14. Коропов О.В. Пізня стадія сегрегації домішки на міжзеренній межі у випадку утворення сферичних виділень нової фази, ріст яких лімітується поверхневою кінетикою. / О.В. Коропов, **Р.В. Скороход** // Збірник тез X Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (Суми, 15-17 квітня 2024 р.). – Суми, 2024. – С. 85-86.

Якість та кількість публікацій відповідають "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44".

У дискусії взяли участь голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні та висловили зауваження:

Дмитро Харченко, д.ф.-м.н., проф., зав. відділу моделювання радіаційних ефектів та мікроструктурних перетворень у конструкційних матеріалах, Інституту прикладної фізики Національної академії наук України.

Оцінка позитивна.

Володимир Батурін, к.ф.-м.н., с.н.с., заст. зав. відділу ядерно-фізичних досліджень, Інституту прикладної фізики Національної академії наук України.

Оцінка позитивна із зауваженнями/запитаннями:

1. В літературному огляді якісно обговорюються механізми радіаційно-індукованої сегрегації в розбавлених металевих сплавах, проте не наведено математичні моделі, які використовуються при дослідженні перерозподілу компонентів сплаву за умов опромінення.

2. Літературний огляд робіт по визріванню Оствальда суттєво менш детальний, ніж огляд робіт по радіаційно-індукованій сегрегації.

3. В підрозділі 2.6 не описані деталі експерименту, з результатами якого дисертант проводить порівняння результатів моделювання.

Олег Лисенко, к.ф.-м.н, с.н.с. відділу моделювання радіаційних ефектів та мікроструктурних перетворень у конструкційних матеріалах, Інституту прикладної фізики Національної академії наук України.

Оцінка позитивна із зауваженнями/запитаннями:

1. В літературному огляді згадується, але недостатньо обговорюється модель фазового поля, яка також використовуються для моделювання радіаційно-індукованої сегрегації в концентрованих металевих сплавах.

2. В роботі не досліджено релаксацію елементного складу сплаву, в якому відбувся процес радіаційно-індукованої сегрегації, після вимкнення опромінення.

3. В роботі при моделюванні радіаційно-індукованої сегрегації біля меж зразка сплаву не розглядаються альтернативні стоки точкових дефектів, такі як міжзеренні межі, адже структура міжзерної межі сильно впливає на перерозподіл компонентів сплаву за умов опромінення.

Олександр Гохман, д.ф.-м.н., професора кафедри прикладної математики та інформатики, Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського» МОН України.

Оцінка позитивна із зауваженнями/запитаннями:

1. У дисертаційному дослідженні не береться до уваги формування кластерів вакансій та кластерів міжвузельних атомів. Кластери вакансій дійсно не були знайдені в досліджах із малокутового розсіювання нейтронів опромінених сплавів Fe-Cr [A. Ulbricht, C. Heintze, F. Bergner, H. Eckerlebe, SANS investigation of a neutron-irradiated Fe-9at%Cr alloy, Journal of Nuclear Materials, 2010, **407**, 29]. Але формування дислокаційних петель у зазначених сплавах має місце згідно з результатами їх досліджень методом електронної мікроскопії [F. Bergner, M. Mayoral, C. Heintze, M. Konstantinović, L. Malerba and C. Pareige, TEM Observation of Loops Decorating Dislocations and Resulting Source Hardening of Neutron-Irradiated Fe-Cr Alloys, Metals 2020, **10**, 147]. Саме тому систему рівнянь (1.7) доцільно доповнити рівняннями відносно концентрацій кластерів міжвузельних атомів, які будуть додатковими стоками точкових дефектів.

2. У Розділі 2 не розглядається жорсткість системи диференціальних рівнянь (1.7) стосовно часу. Зазначена жорсткість є наслідком різниці у характерному часі для вакансій, міжвузельних атомів та атомів хрому. У свою чергу, рішення жорстких систем диференціальних рівнянь вимагає використання відповідних спеціальних методів з адаптованим кроком інтегрування.

3. Відомо, що асимптотичний аналіз Ліфшиця-Сльозова може бути застосований тільки для розчинів із малою концентрацією, але в Розділі 4 дисертаційного дослідження розглядаються концентраційні сплави Fe-Cr. На жаль, у дисертації

відсутній аналіз зростання впливу концентрації на точність результатів щодо розміру виділень нової α' -фази, збагаченої Cr.

Іван Марченко, д.ф.-м.н., проф., зав. відділу фізики радіаційних технологій, Науково-виробничого комплексу «Відновлювані джерела енергії та ресурсозберігаючі технології», Національного наукового центру "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України.

Оцінка позитивна із зауваженнями/запитаннями:

1. Методика моделювання не обговорена. Якими математичними методами проводилося моделювання? Дисертант використовував існуючі чи створені їм безпосередньо програмами? Досліджувалась система жорстких диференціальних рівнянь, однак у дисертаційній роботі не обговорено метод розв'язання цих рівнянь.
2. Не достатньо обговорено вплив радіаційно-індукованої сегрегації на механічні та фізичні властивості матеріалів. Яким чином та якими фізичними механізмами сегрегація впливає на ці властивості?
3. У роботі зроблено висновок що "радіаційно-індукованої сегрегації можна з достатньо високою точністю компенсувати відносно невеликим підвищенням температури". Не зовсім зрозуміло фізичне значення терміну "відносно невелике". Про який інтервал температур ідеться мова?
4. В системі рівнянь, що описують радіаційно-індуковану сегрегацію, присутні тільки нейтральні стоки, але не беруться до уваги преференційні стоки. Так як преференс відіграє ключову роль у ряді радіаційно-індукованих ефектів, наприклад, у радіаційному розпуханні, то було б бажано обговорити вплив преференсу на радіаційно-індуковану сегрегацію.
5. У тексті дисертації зустрічаються граматичні та стилістичні помилки, зокрема, в деяких місцях відсутні розділові знаки та некоректна побудова речень.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» — членів ради.

РАЗОВА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВЧЕНА РАДА ІНСТИТУТУ ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ УХВАЛИЛА

1. Дисертаційна робота Скорохода Романа Володимировича на тему «Радіаційно-індукована сегрегація в концентрованих металевих сплавах Fe-Cr та Fe-Cr-Ni» подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія є завершеним самостійним науковим дослідженням і відповідає вимогам: «Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261 та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

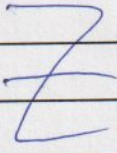
2. Присудити **Скороходу Роману Володимировичу** ступінь доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

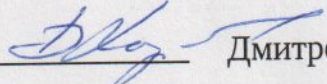
3. Рішення разової спеціалізованої ради затвердити і передати до науково-організаційного відділу ІПФ НАН України.

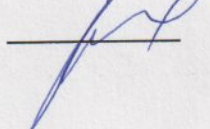
4. Науково-організаційному відділу ІПФ НАН України підготувати наказ про видачу Скороходу Роману Володимировичу диплома доктора філософії і додатку до нього європейського зразка.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Окрема думка члена разової ради додається (за наявності).



Голова разової спеціалізованої вченої ради _____  Дмитро ХАРЧЕНКО

Учений секретар ІПФ НАН України _____  Олексій ВОРОШИЛО

