

Затверджую  
Проректор з наукової роботи  
Національного університету  
«Львівська політехніка»  
Д.т.н. \_\_\_\_\_ Демидов І.В.  
» \_\_\_\_\_ 2021 р.



**з протоколу № 2 фахового семінару кафедри напівпровідникової електроніки навчально-наукового Інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Національного університету «Львівська політехніка» від 27 серпня 2021 р.**

**1. ПРИСУТНІ:**

11 із 18 науково-педагогічних працівників кафедри напівпровідникової електроніки, а саме:

1. Дружинін А.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри.
2. Лях-Кагуй Н.С. д.т.н, доцент.
3. Єрохов В.Ю., д.т.н., професор.
4. Малик О.П., д.ф.-м.н., професор.
5. Островський І.П., д.т.н., професор.
6. Василечко Л.О., д.х.н., професор.
7. Логуш О.І., старший викладач.
8. Сугак Д.Ю., к.ф.-м.н, старший науковий співробітник.
9. Нічкало С.І., к.т.н., доцент, провідний науковий співробітник.
10. Губа С.К., к.т.н., доцент.
11. Сиротюк С.В., к.ф.-м.н., доцент.

На засідання запрошені:

1. Лукіянець Б.А., д.ф.-м.н, професор кафедри прикладної фізики та наноматеріалів
2. Стахіра П.Й., д.т.н., професор кафедри електронних приладів.
3. Венгрин Б.Я., к.ф.-м.н., доцент кафедри прикладної фізики та наноматеріалів.
4. Льчук Г.А., д.ф.-м.н., професор кафедри фізики.
5. Фітьо В.М., д.ф.-м.н., професор кафедри фотоніки.
6. Микитюк З.М., д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри електронних приладів.

На засіданні присутні аспіранти кафедри напівпровідникової електроніки – Греб В.М. та Яхневич У.В.

З присутніх – 11 докторів наук та 6 кандидатів наук – фахівців за профілем представленої дисертації.

Головуючий на засіданні – д.т.н., професор, завідувач кафедри напівпровідникової електроніки, Дружинін А.О.

**2. СЛУХАЛИ:** аспіранта кафедри напівпровідникової електроніки Кліска Юрія Володимирович за матеріалами дисертації “Електронні, оптичні та магнітні властивості металорганічних комплексів як перспективних матеріалів наноелектроніки та наноспінтроніки”, представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 153 Мікро- та наносистемна техніка (15 Автоматизація та приладобудування).

Науковий керівник – к.ф.-м.н, доцент кафедри напівпровідникової електроніки Сиротюк С.В.



Тему дисертації затверджено 27.10.2017 р. на засіданні Вченої ради навчально-наукового Інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки, протокол № 5.

Тему дисертації уточнено 22.06.21 р. на засіданні Вченої ради навчально-наукового Інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки, протокол № 10.

По доповіді було задано 12 запитань, на які доповідач дав правильні та ґрунтовні відповіді. Питання задавали:

- Дружинін А.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри напівпровідникової електроніки.
- Стахіра П.Й., д.т.н., професор кафедри електронних приладів.
- Василечко Л.О., д.х.н., професор кафедри напівпровідникової електроніки.
- Островський І.П., д.т.н., професор кафедри напівпровідникової електроніки.
- Фітьо В.М., д.ф.-м.н., професор кафедри фотоніки.
- Микитюк З.М., д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри електронних приладів.
- Єрохов В.Ю., д.т.н., професор кафедри напівпровідникової електроніки.

### 3. Виступи присутніх

З оцінкою дисертації Кліска Юрія Володимировича виступили рецензенти:

- Лукіянець Б.А., д.ф.-м.н., професор кафедри прикладної фізики та наноматеріалів,
- Стахіра П.Й., д.т.н., професор кафедри електронних приладів,

які зазначили актуальність виконаних досліджень Кліска Юрія Володимировича, повноту викладення матеріалу, наукову новизну та практичність результатів. Дисертація є завершеною науковою працею, яка містить отримані результати електронних, оптичних та магнітних властивостей металорганічних сполук та комплексів. Дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та Тимчасового порядку з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167) і може бути представлена до захисту у спеціалізованій вченій раді.

Також рецензенти висловили наступні зауваження:

- в роботі описано актуальність вибору теми дисертації, але не вказано критерії за якими були обрані конкретні матеріали – об'єкти дослідження;

- в роботі подано результати розрахунку оптичних властивостей металорганічних комплексів, зокрема дійсної та уявної частин діелектричної функції. Однак фізичні та математичні основи методів розрахунку даних величин описані поверхнево;

- в дисертації приведено результати дослідження температурнозалежних магнітних характеристик феро- та антиферомагнітних фаз у металорганічному комплексі MOF-74, однак, не враховано явище суперпарамагнетизму;

- в дисертації подано експериментальні значення провідностей металорганічних сполук на основі гаксаамінобензену, гексаамінотрифенилену та піразиндитіолату міді та нікелю. Дисертант пояснює зміни провідності матеріалів в залежності від легування перехідними металами, а саме змінами у електронному енергетичному спектрі, не беручи до уваги механізми провідності та розсіяння носіїв заряду.

З оцінкою дисертації також виступили присутні на фаховому семінарі кафедри напівпровідникової електроніки:

Дружинін А.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри напівпровідникової електроніки, який зазначив важливість отриманих характеристик металорганічних сполук, що необхідні при розробці електронних компонентів на базі досліджуваних матеріалів, а також актуальність



роботи та рекомендував дисертаційну роботу для подання до розгляду у спеціалізовану вчену раду;

Микитюк З.М., д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри електронних приладів, який відзначив комплексний підхід до теоретичного дослідження матеріалів електроніки та новизну отриманих результатів та до розгляду у спеціалізовану вчену раду;

Ільчук Г.А., д.ф.-м.н., професор кафедри фізики, який відзначив ґрунтовні знання дисертанта та великий обсяг проведених досліджень та рекомендував дисертацію до розгляду у спеціалізовану вчену раду.

З характеристикою наукової зрілості дисертанта виступив науковий керівник – Сиротюк С.В., к.ф.-м.н., доцент кафедри напівпровідникової електроніки, який відзначив, що здобувач у 2015 отримав диплом бакалавра з відзнакою за спеціальністю Мікро- та наноелектроніка, а у 2016 році – диплом магістра з відзнакою за спеціальністю Фізична та міомедична електроніка. У 2017 році вступив до Національного університету «Львівська політехніка» на перший рік навчання за третім (освітньо-науковим) рівнем вищої освіти за спеціальністю 153 Мікро- та наносистемна техніка. За матеріалами дисертації здобувач опублікував 12 наукових праць, з них 6 статей у науково-періодичних виданнях, що входять до наукометричних баз SCOPUS та Web of Science. Кліско Ю.В. успішно виконав освітньо-наукову складову. За час навчання проявив себе як відповідальний, сумлінний та цілеспрямований науковець. Дисертація Кліска Ю.В. є завершеною науковою працею та може бути представлена до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка.

4. Заслухавши та обговоривши доповідь Кліска Ю.В. результатами попередньої експертизи представленої дисертації на фаховому семінарі кафедри напівпровідникової електроніки, прийнято такі висновки щодо дисертації “Електронні, оптичні та магнітні властивості металорганічних комплексів як перспективних матеріалів наноелектроніки та наноспінтроніки”:

#### **Висновок**

**фахового семінару кафедри напівпровідникової електроніки про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації “Електронні, оптичні та магнітні властивості металорганічних комплексів як перспективних матеріалів наноелектроніки та наноспінтроніки” здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії Кліска Юрія Володимировича за спеціальністю 153 Мікро- та наносистемна техніка (галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування)**

**4.1. Актуальність теми дисертації.** Обраними об'єктами для дослідження є чотири групи наноструктур. Першою групою є фталоціаніни перехідних металів. Молекулярні напівпровідники активно досліджуються в якості матеріалів для елементів фотовольтаїки, а саме як матеріали-донори, транспортні шари, шари-інтерфейси органіка-неорганіка. Також фталоціаніни є перспективними матеріалами для органічних світлодіодів, польових транзисторів, магнітних комірок, сенсорів біологічних речовин.

Двовимірні металорганічні комплекси володіють високою електронною провідністю. Активно досліджують в галузях термоелектроніки, сенсорів газів, струмопровідних частин електронних компонентів.

Об'єктами дослідження також є тривимірні пористі координаційні полімери на основі піразиндитіолату міді і нікелю та металорганічний комплекс MOF-74, які вже досліджуються як



матеріали електроніки, а саме, як активні середовища для детекторів газу, колекторів іонів та супер-конденсаторів.

Металорганічні комплекси активно досліджуються в галузі хімії, фармацевтики та біології. Останні роки дані сполуки вивчаються і в галузі функціональної електроніки, наноелектроніки та наноспінтроніки. Характерним показником інтенсивності вивчення матеріалів є зростання кількості наукових праць та кристалографічних даних. Станом на 2013 рік кількість металорганічних комплексів занесених у Кристалографічну базу університету Кембриджа була 13 тисяч, в 2016 році - більше 60 тисяч (близько 7% від загального обсягу). На сьогоднішній день кількість представників даного класу наближається до 100 тисяч. За 2010 рік було опубліковано близько 2-х тисяч наукових статей по дослідженню металорганічних комплексів, а за 2017-й - вже близько 8-ми тисяч.

Аналіз наукометричної бази Scopus показує, що за останню декаду щорічний приріст наукових праць, присвячених металорганічним комплексам, збільшився вдвічі: від 607 статей в 2010 році, до 6109 у 2020-м

**4.2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри.** Дисертацію виконано на кафедрі напівпровідникової електроніки "Національного університету "Львівська політехніка". Тема відповідає науковому напрямку кафедри напівпровідникової електроніки "Сенсори та перетворювальні прилади на основі напівпровідникових та діелектричних матеріалів і гетероструктур". Дисертаційні дослідження були виконані в межах науково-дослідної роботи "Керування властивостями халькогенідних і оксидних сенсорних матеріалів шляхом термохімічної наноструктурної модифікації" (державний реєстраційний номер: 0121U107736, керівник - д.ф.-м.н. Шпотюк М.В.), та кафедральної науково-дослідної роботи "Електронна будова та кінетичні коефіцієнти напівметалів, напівпровідників і діелектриків" (Керівник – к.ф.-м.н. Сиротюк С.В.).

**4.3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів.** Вибір теми, мети, об'єктів та предмету досліджень було проведено автором із науковим керівником. Автору дисертації належить: вибір об'єктів та методів дослідження, проведення генерації псевдопотенціалів та тестових розрахунків, розрахунок електронної структури, дослідження електронних оптичних та магнітних властивостей, проведення аналізу отриманих фізичних параметрів матеріалів.

**4.4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій.** Достовірність отриманих результатів дисертацію Кліска Ю.В. та зроблені висновки базуються на проведенні складних комп'ютерних моделювань характеристик матеріалів та зіставленням із проведеними експериментами. Достовірність результатів підтверджується їх апробацією на наступних міжнародних конференціях: 9-та Міжнародна наукова конференція "Релаксаційні, нелінійні, акустооптичні процеси і матеріали", РНАОПІМ-2018 (Луцьк); 6-та міжнародна конференція "Нанотехнології та Наноматеріали", НАНО-2018 (Київ); 3-тя Міжнародна наукова конференція "Актуальні проблеми фундаментальних наук", АПФН-2019 (Луцьк); 7-та міжнародна конференція "Нанотехнології та Наноматеріали", НАНО-2019 (Львів); 8-ма Міжнародна конференція "Нанотехнології та Наноматеріали", НАНО-2020 (Львів); 4-та Міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми фундаментальних наук», АПФН-2021 (Луцьк).

**4.5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру.** На основі проведеного дослідження отримані наступні нові результати:



- Розширено наукові уявлення про електронну будову металорганічних наноконплексів із перехідними металами. Отримано електронні властивості досліджуваних нанооб'єктів у одночастинкових наближеннях та з використанням гібридних функціоналів. Визначено вплив сильноскорельованих електронів на електронні властивості даних матеріалів.
- Проведено дослідження металорганічних наноконплексів квазічастинковими методами. Проаналізовано екситонні ефекти у даних матеріалах.
- Досліджено електронну будову фталоціанінів перехідних металів. Проаналізовано вплив легування перехідними елементами та поведінку сильноскорельованих d-електронів. Отримано спектр поглинання у інфрачервоному, видимому та ультрафіолетовому частинах спектра електромагнітного випромінювання. Встановлено оптичні властивості даних нанооб'єктів із урахуванням екситонних ефектів. Отримано електронну структуру феромагнітних фталоціанінів марганцю, заліза та кобальту.
- Проведено розрахунок електронних властивостей двовимірних металорганічних наноструктур на основі гексаамінобензену та гексаамінотрифенилену нікелю та міді. Проаналізовано вплив сильноскорельованих d-електронів перехідних елементів. Визначено, що гексаамінобензени нікелю та міді є металом, а гексаамінотрифенилени нікелю та міді - вироджені напівпровідники р-типу. Отримано частотозалежні дійсна та уявна частини діелектричної функції.
- Проведено розрахунок електронних властивостей пористих структур на основі піразиндитіолату міді та нікелю. Проаналізовано вплив сильноскорельованих d-електронів перехідних елементів. Визначено, що дані сполуки є виродженими напівпровідниками р-типу. Отримано частотні залежності дійсної та уявної частини діелектричної функції.
- Отримано властивості пара-, феро- та антиферомагнітних фаз у металорганічному комплексі MOF-74 із вмістом марганцю, заліза, кобальту та нікелю. Приведено температурні залежності намагніченості та магнітної сприйнятливості. Для даних магнітних станів отримано електронний енергетичний спектр з урахуванням сильних кореляції d-електронів. Визначено частотні залежності дійсної та уявної частини діелектричної функції.

**4.6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації.** Основні результати досліджень опубліковані у 12 наукових працях, зокрема у 6 статтях у наукових періодичних виданнях України та інших держав, що включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, у 6 матеріалах та тезах доповідей на міжнародних конференціях.

Список публікацій здобувача:

Статті у виданні України та інших держав, що влючені до наукометричних баз SCOPUS та Web of Science:

1. Syrotyuk S. V., **Klysko Y. V.** Excitonic properties of perylene diimide based dyes // Journal of Nano- and Electronic Physics. - 2019. - Vol. 11, no. 2. - P. 02028-1-02028-3. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

2. **Klysko Yu. V.**, Syrotyuk S. V. Excited state properties of polycyclic hydrocarbons based dyes // Condensed Matter Physics. - 2019. - Vol. 22, no. 1. - P. 14701-1-14701-5. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*



3. **Klysko Y. V.**, Syrotyuk S. V. Heteroatom-doped derivatives of cyclopentadithiophene-benzothiadiazole. Quasiparticle study // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. - 2018. - Vol. 674, no. 1. - P. 31-39. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

4. Syrotyuk S. V., **Klysko Y. V.** Hybrid functional analysis of porous coordination polymers  $\text{Cu}[\text{Cu}(\text{pdt})_2]$  and  $\text{Cu}[\text{Ni}(\text{pdt})_2]$  // *Condensed Matter Physics*. - 2020. - Vol. 23, no. 3. - P. 33703. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

5. Syrotyuk S. V. **Klysko Y. V.** Electronic properties of transition-metal phthalocyanines obtained within a hybrid functional and bethe-salpeter approach // *Journal of Nano- and Electronic Physics*. - 2020. - Vol. 12, no. 5. - P. 05018-1-05018-5. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

6. **Klysko Y.**, Syrotyuk S. Hybrid functional analysis of electronic properties of transition-metal phthalocyanines // *Ukrainian Journal of Physics*. - 2021. - Jan. - Vol. 66, no. 1. - P. 55-61. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

Тези та матеріали міжнародних конференцій:

1. **Klysko Yu.**, Syrotyuk S. Quasiparticle study of cyclopentadithiophene–benzothiadiazole - based polymers // *Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2018) : international research and practice conference, 27–30 August 2018, Kyiv, Ukraine : book of abstracts*. – 2018. – С. 626. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

2. Syrotyuk S., **Klysko Y.** Quasiparticle study of the polymer PCPDT-BT // *Релаксаційно, нелінійно, акустооптичні процеси і матеріали : матеріали об'єднаного наукового заходу, Луцьк, озеро Світязь, Україна, 01.06–05.06.2018*. – 2018. – С. 44. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

3. Syrotyuk S., **Klysko Y.** Electronic properties of low gap benththiadiazole and difluorobenzothiadiazole polymers // *Релаксаційно, нелінійно, акустооптичні процеси і матеріали : матеріали об'єднаного наукового заходу, Луцьк, озеро Світязь, Україна, 01.06–05.06.2018*. – 2018. – С. 42–43. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

4. **Klysko Yu.**, Syrotyuk S. Quasiparticle study of excitonic properties of polyaromatic hydrocarbons // *Актуальні проблеми фундаментальних наук : матеріали III Міжнародної наукової конференції, Луцьк, Світязь, 01–05 червня 2019 року, присвячено пам'яті Анатолія Вадимовича Свідзинського*. – 2019. – С. 58–59. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*



5. **Klysko Y. V., Syrotyuk S. V.** Hybrid functional study of electronic properties of transition-metal phthalocyanines // Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2019) : international research and practice conference, 27–30 August 2019, Lviv, Ukraine : book of abstracts. – 2019. – С. 598. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

6. **Klysko Y., Syrotyuk S.** Porosity evaluation of the series of metal organic frameworks MOF-74 within the Hartree potential // Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2020) : abstract book International research and partice conference, 26–29 August 2020, Lviv, Ukraine. – 2020. – С. 511. *Особистий внесок здобувача: вибір матеріалів та методів дослідження, проведення розрахунку електронних та оптичних властивостей. Аналіз отриманих результатів.*

#### **4.7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозиумах, семінарах тощо.**

Результати дисертації були представлені та обговорені на наступних міжнародних конференціях: 9-та Міжнародна наукова конференція "Релаксаційні, нелінійні, акустооптичні процеси і матеріали", РНАОПМ-2018 (Луцьк); 6-та міжнародна конференція "Нанотехнології та Наноматеріали", НАНО-2018 (Київ); 3-тя Міжнародна наукова конференція "Актуальні проблеми фундаментальних наук", АПФН-2019 (Луцьк); 7-та міжнародна конференція "Нанотехнології та Наноматеріали", НАНО-2019 (Львів); 8-ма Міжнародна конференція "Нанотехнології та Наноматеріали", НАНО-2020 (Львів); 4-та Міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми фундаментальних наук», АПФН-2021 (Луцьк).

**4.8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати.** Описані особливості моделювання електронних властивостей можуть бути використані при дослідженні металорганічних наноструктур ab initio методами. Проведено дослідження металорганічних нанокомплексів квазічастинковими методами. Проаналізовано екситонні ефекти у даних матеріалах. Визначено вплив сильноскорельованих електронів на електронні властивості даних матеріалів. Показано особливості імплементації методів розрахунку в програмному пакеті ABINIT. Показано послідовність отримання параметрів обмінної взаємодії, що покладена в основу програми T2BJ.

Результати дисертації використано у навчальному процесі для підготовки студентів та при виконанні бакалаврських та магістерських кваліфікаційних робіт студентів кафедри напівпровідникової електроніки Національного університету "Львівська політехніка". Зокрема, для модернізації лабораторних робіт з курсу "Квантова механіка та статистична фізика" для студентів напрямку 153 Мікро та наносистемна техніка.

**4.9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані.** Отримані результати досліджень можуть бути використанні при виготовленні елементів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки, зокрема приладів функціональної електроніки, наноелектроніки, наноспінтроніки. Отримані електронні та оптичні властивості фталоціанінів перехідних елементів, а саме енергетична структура електронних рівнів, уявна частина діелектричної функції та екситонні характеристики є першочерговими параметрами, які необхідні при розробленні елементів органічної фотовольтаїки та органічних світлодіодів на основі даних молекулярних напівпровідників. Параметри електронної структури можуть бути використані при дослідженні даних нанооб'єктів як активного середовища опто-електронних перетворювачів, так і функціональних плівок (колектор електронів/дірок, проміжний електропровідний шар і т.д.) у донор-акцепторних гетероструктурах, а також при розробці



польових транзисторів, сенсорів газу та біосенсорів. Оскільки фталоціаніни активно досліджуються для біометричних потреб, зокрема фотодинамічної терапії, отримані електронні, оптичні, а також магнітні характеристики можуть бути враховані у даній галузі. Результати дослідження магнетизму фталоціанінів, очевидно, є цікавими для розроблення двовимірних магнітних наноструктур - комірок, а також нанооб'єктів, чії електронні та оптичні властивості залежать від магнітного поля. На базі встановлених параметрів електронної структури двовимірних наноструктур на основі гексаамінобензену та гесаамінотрифенилену можна розрахувати кінетичні параметри, що необхідні при дослідженні даних комплексів в якості електродів, каналів транзисторів, термоелементів. Дослідження діелектричних властивостей тривимірних металорганічних наноструктур показали, що дані матеріали є так званими low-k діелектриками, що робить їх перспективними до використання в мікроелектроніці. Отримані електронні властивості пористих наноструктур на основі гексаамінобензену та гесаамінотрифенилену, піразиндитіолату міді та нікелю, металорганічного комплексу MOF-74 можуть бути використані у подальшому вивченні взаємодії даних матеріалів і з органічними та неорганічними газами та рідинами. У випадку MOF-74 можливий варіант вивчення впливу магнітного поля на перебіг даних процесів. Металорганічний комплекс MOF-74 містить у собі метал-оксидні ланцюжки. Отримані результати дослідження магнетизму можуть бути використані у подальшому вивченню в галузі спінтроніки.

**4.10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення.** Дисертація складається із анотації, вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел (120 найменувань). Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 127 сторінок, з яких 98 сторінок основного тексту та містить 57 рисунків і 9 таблиць. Анотація, зміст, перелік умовних позначень, список використаних джерел та додатки викладено в роботі на 29 сторінках.

За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України. Загалом робота написана грамотною технічною мовою, матеріали досліджень подані логічно та послідовно.

**Уході обговорення дисертації до здобувача не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.**

#### **5. З урахуванням зазначеного на фаховому семінарі ухвалили:**

**5.1.** Дисертація Кліска Ю.В. "Електронні, оптичні та магнітні властивості металорганічних комплексів як перспективних матеріалів наноелектроніки та наноспінтроніки" є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання: вивчення механічних, електронних, оптичних та магнітних властивостей молекулярних металорганічних сполук та координаційних металорганічних комплексів, опрацьовано, розширено та систематизовано знання про ab initio методи дослідження металорганічних комплексів, отримано ряд фізичних властивостей, що можуть бути використані при розробці приладів мікро- та наносистемної техніки, що має важливе значення для автоматизації та приладобудування.

**5.2.** У 12 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 6 статей у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз.

**5.3.** Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Тимчасового порядку з



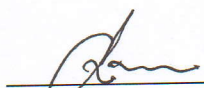
присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167).

5.4. З урахуванням наукової зрілості, професійних якостей Кліска Ю.В. та ступеня виконання наукової складової освітньо-наукової програми спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» дисертація «Електронні, оптичні та магнітні властивості металорганічних комплексів як перспективних матеріалів наноелектроніки та наноспінтроніки» рекомендується до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за – 17 (сімнадцять) осіб  
проти – немає  
утримались – немає

Головуючий на засіданні  
фахового семінару, зав. кафедри НПЕ  
д.т.н., професор



Дружинін А.О.

Рецензенти:  
д.ф.-м.н., професор,  
професор кафедри ПФН



Лукіянець Б.А.

д.т.н., професор,  
професор кафедри ЕП



Стахіра П.Й.

Відповідальний у ІТРЕ за  
атестацію PhD  
д.т.н., професор кафедри НПЕ



Отровський І.П.

27 серпня 2021 р.