

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Сметанкіна Сергія Олексійовича на тему «Розробка багатофункціональних епоксидних нанокompозитів з поліпшеними діелектричними властивостями для підвищення експлуатаційних характеристик транспортних засобів» на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 - механічна інженерія за спеціальністю 132 – матеріалознавство**

**1. Обґрунтування вибору теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт академії.** Виробництво полімеркомпозитних матеріалів та захисних покриттів на їх основі знаходить широке застосування в різних галузях промисловості у всьому світі. Можливість створення багатофункціональних матеріалів з наперед заданими унікальними властивостями, які здатні значно знизити споживання металів і сплавів, зменшити масу конструкційних виробів, збільшити надійність роботи деталей і підвищити їх довговічність, лише збільшує інтерес до інтенсивного дослідження й створення нових конструкційних полімерних матеріалів. Одними із найефективніших та економічно доцільніших методів виготовлення таких ПКМ є хімічна, фізична та фізико-хімічна модифікація раніше синтезованої полімерної основи. Разом з тим, в останнє десятиріччя, все більш значну увагу викликають електрофізичні властивості таких композитів. Традиційно, полімери вважаються електрично ізоляційними матеріалами через низьку концентрацію у їх складі вільних носіїв заряду. Однак електричні характеристики полімерів можуть бути поліпшені шляхом включення до їх складу електропровідного наповнювача. Отримані, таким чином, електропровідні полімерні композити поєднують у собі гарні механічні та унікальні електрофізичні властивості завдяки провідним частинкам введеної добавки. Полімерні композити, які містять електропровідний наповнювач мають великий потенціал для застосування в різних областях, наприклад, створення різноманітних сенсорів, антистатичного екранування, захист від електромагнітного випромінювання,

а також в електроніці та аерокосмічній промисловості. Тому створення композиційних матеріалів з підвищеними фізико-механічними та діелектричними властивостями є актуальним в наш час та потребує подальшого вивчення. Саме даному напрямку присвячена та представлена робота.

У роботі особлива увага приділяється формуванню наноструктурних полімерних матеріалів з введеним нанодисперсним наповнювачем та модифікатором, що дозволяє ефективно та спрямовано формувати функціональні полімерні композити з наперед заданими фізико-механічними, теплофізичними й діелектричними властивостями.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що розроблення модифікованих епоксидних композитів шляхом введення нанодисперсного наповнювача обраної фізико-хімічної природи обумовлене актуальністю їх застосування. При цьому, використання таких матеріалів передбачає збільшення ресурсу роботи деталей та механізмів засобів транспорту, що дозволяє знизити затрати на їх виготовлення та ремонт.

З огляду на проведений аналіз тема дисертаційної роботи, яка присвячена дослідженню закономірностей формування модифікованих і наповнених нанодисперсним технічним вуглецем (сажею) епоксидних багатофункціональних композитів з підвищеними експлуатаційними та діелектричними властивостями, *є актуальною*.

**Мета роботи:** встановити основні закономірності формування модифікованих і наповнених нанодисперсним технічним вуглецем (сажею) епоксидних багатофункціональних композитів з підвищеними експлуатаційними та діелектричними властивостями та видати рекомендації щодо створення на їх основі покриттів для захисту деталей транспортних засобів.

### ***Завдання дослідження:***

1. Розробити модифіковану епоксидну матрицю з поліпшеними властивостями, яка містить полярні функціональні групи та сірку у вигляді структурної її складової.

2. Дослідити вплив вмісту обраного модифікатора в епоксидному олігомері для створення епоксиполімеру другого покоління з поліпшеними експлуатаційними характеристиками.

3. Встановити вплив нанонаповнювача у вигляді нанодисперсного технічного вуглецю (сажі) на фізико-механічні, теплофізичні та електрофізичні властивості епоксикомпозитних матеріалів.

4. Дослідити вплив фізичної модифікації у вигляді нагрівання та ультразвукової обробки на структуру і фізико-механічні властивості модифікованих та наповнених нанодисперсною добавкою композицій.

5. Оптимізувати у зв'язувачі вміст добавок у вигляді модифікатора і нанодисперсного наповнювача для створення захисних покриттів з поліпшеними адгезійними, фізико-механічними, електрофізичними і діелектричними властивостями.

6. Видати рекомендації щодо створення нанокомпозитів та захисних покриттів на їх основі з поліпшеними фізико-механічними і діелектричними властивостями, а також здійснити їх впровадження в промисловість.

**Об'єкт дослідження:** є фізико-хімічні закономірності впливу модифікатора та наповнювача на формування багатофункціональних епоксидних покриттів та їх властивості.

**Предметом дослідження:** є епоксидні композитні матеріали, що містять модифікатор та наповнювач у вигляді нанодисперсної сажі.

**Методи дослідження:** визначаються сукупністю задач, що вирішуються і застосовують сучасні методи дослідження адгезійної міцності, залишкових напружень, фізико-механічних (руйнівні напруження та модуль пружності при згинанні, ударна в'язкість), теплофізичних (ДТА та ТГА аналіз, термічний коефіцієнт лінійного розширення, теплостійкість, енергія

активації), електричних, діелектричних, реологічних властивостей та структури (металографічний мікроскоп моделі XJL-17AT з камерою 130 UMD (1,3 Mega Pixels)) матеріалів. Для оптимізації інгредієнтів у композитних матеріалах застосовані методи комп'ютерної та статистичної обробки результатів.

Використання перерахованих методів дослідження у ході розв'язання поставлених наукових задач дозволило одержати ряд нових наукових результатів.

## **2. Формулювання наукової задачі, новий розв'язок якої отримано в дисертації.**

Дисертацію Сметанкіна С.О. присвячено розв'язанню актуальної науково-технічної задачі – створення нових епоксидних багатофункціональних композитних матеріалів з підвищеними експлуатаційними та діелектричними властивостями для захисту деталей транспортних засобів зокрема морського і річкового транспорту.

## **3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна.**

Наукова новизна результатів дослідження, одержаних особисто дисертантом, полягає у наступному:

- Вперше досліджено вплив механічного та гідродинамічного суміщення модифікатора 4,4 – сульфонілбіс (4,1 – фенілен) біс (N, N – діетилдітіокарбамату та епоксидного діанового олігомеру ЕД-20 на адгезійні властивості епоксикомпозитів і доведено, що кращими адгезійними властивостями відзначається матриця, сформована шляхом гідродинамічного суміщення компонентів за допомогою ультразвукової обробки, порівняно з адгезивом, сформованим механічним поєднанням інгредієнтів. Обґрунтовано, що позитивний ефект внаслідок гідродинамічного суміщення компонентів зумовлений кавітаційними процесами, які забезпечують рівномірний розподіл добавки у об'ємі матриці, сприяючи максимальній площі контакту між частками модифікатора та активними центрами

макромолекул епоксидної матриці. При цьому активуються до взаємодії з атомами модифікатора сегменти макромолекул діанової смоли, що на початковому етапі під час фізичного зшивання забезпечує впорядкованість структури полімеру.

- Розроблено полімерну матрицю з покращеними адгезійними властивостями до основи з алюмінієвих сплавів марки Д16 і марки АМг5 наступного складу: епоксидний олігомер марки ЕД-20 (100 мас.ч.), твердник ПЕПА (10 мас.ч.), модифікатор 4,4 – сульфонілбіс (4,1 – фенілен) біс (N, N – діетилдітіокарбамат) (1,50...1,75 мас.ч.) і встановлено, що введення у олігомер добавки за оптимального вмісту забезпечує інтенсифікацію процесів зшивання за рахунок додаткового формування вуглецево-сульфідних зв'язків, а також утворюються нові полярні зв'язки, які відрізняються дипольним моментом.

- Доведено, що використання як модифікатора 4,4 – сульфонілбіс (4,1 – фенілен) біс (N, N –діетилдітіокарбамату) (1,5 мас.ч.) дозволяє спрямовано змінювати молекулярну структуру полімеру внаслідок високої здатності атомів вуглецю і сірки, наявних у добавці, формувати стійкі ковалентні зв'язки, а також за рахунок підвищеної рухливості бокових груп ланцюгів епоксидного олігомеру і N, N - диетилдітіокарбаматних груп модифікатора утворюється міцнозшита і ущільнена тривимірна структурна сітка полімеру, що забезпечує суттєве збільшення показників механічних властивостей епоксидної матриці.

- Досліджено реологічні властивості, кінетику гелеутворення та динаміку температури саморозігріву сажонаповнених сумішей і показано, що вплив нанодисперсного наповнювача на властивості епоксидних композицій відбувається більшою мірою після фазового переходу при високих температурах (326...361 К), в результаті чого рекомендовано температурні діапазони, при яких в'язкість досліджуваних композицій досягає прийнятних технологічних параметрів для ефективного їх нанесення на робочі поверхні відновлюваних об'єктів.

- Досліджено вплив частоти електричного поля та кількості нанонаповнювача на електричні властивості досліджуваних систем і встановлено, що електропровідність композитів, які містять  $q = 25$  мас.ч. наносажі, збільшується порівняно з матрицею на  $1,0 \dots 1,5$  порядки залежно від частоти електричного поля і це пояснюють наявністю переважно непрямих контактів між частками наповнювача. Із розрахованих параметрів, згідно моделі Йонсчера, доведено, що зі збільшенням вмісту наповнювача у полімері електропровідність останнього експоненційно зростає, при цьому спостерігали перколяційний перехід внаслідок утворення частками добавки електропровідної сітки у полімерній матриці.

- Досліджено діелектричну проникність систем «епоксидна матриця – модифікатор – наносажа» і встановлено суттєве її зростання зі збільшенням вмісту наповнювача, що зумовлено формуванням у полімерній матриці мережі розгалужених електропровідних кластерів із часток сажі, які ще не утворили перколяційний кластер. При цьому в результаті тунелювання утворюється градієнт діелектричної проникності між матрицею та наповнювачем, де накопичуються протилежні за знаком заряди, тобто по усьому об'єму нанонаповненої системи утворюються велика кількість конденсаторів, які роблять значний вклад у діелектричну проникність композитів.

**4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.** Обґрунтованість та достовірність наукових положень, результатів і висновків дисертації забезпечена коректністю та строгістю математичних постановок задач у рамках створення багатофункціональних епоксидних нанокompозитів з поліпшеними діелектричними властивостями. Що підтверджується результатами експериментальних досліджень, які пройшли апробацію на науково-практичних конференціях та отримали позитивну оцінку при впровадженні створених матеріалів на підприємствах (видані відповідні довідки). Вирішення поставлених у дисертації наукових завдань базується на

використанні сучасних методів наукових досліджень. Також слід зазначити, що аналіз тексту першого розділу дисертаційної роботи доводить високий рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних учених за темою дисертації. Отже, дисертаційна робота є завершеною науковою працею, у якій теоретична та експериментальна частина викладені на високому науковому та практичному рівні. За результатами роботи отримані нові матеріали та технологічний процес їх формування.

Результати експериментальних досліджень пройшли апробацію на науково-практичних конференціях та отримали позитивну оцінку при впровадженні результатів дослідження, що підтверджено відповідними довідками.

**5. Рівень теоретичної підготовки здобувача, його особистий внесок у розв'язання конкретного наукового завдання. Рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень інших учених.**

Аналіз та систематизація теоретичних і практичних відомостей та результатів за темою дисертації, формулювання наукового напрямку, вибір об'єктів та постановка наукового завдання дисертаційної роботи виконано дисертантом особисто. Планування й виконання теоретичних і експериментальних досліджень виконано самостійно.

Обговорення основних положень дисертаційної роботи виконано спільно з науковим керівником д-р. техн. наук., проф. А.В. Букетовим (Херсонська державна морська академія), експерименти проведені на базі Херсонської державної морської академії та Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України (імпедансна спектроскопія) м. Київ.

Аналіз тексту першого розділу дисертаційної роботи доводить високий рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних учених за темою дисертації.

## **6. Наукове та практичне значення роботи.**

Значення отриманих результатів для науки полягає у дослідженні і науково-обґрунтованому керуванні процесами структуроутворення багатофункціональних композитних матеріалів з підвищеними діелектричними властивостями у результаті фізичної, хімічної та фізико-хімічної модифікації зв'язувача, а також у встановленні механізмів підвищення характеристик композитів, що дозволяє збільшити міжремонтний період експлуатації захисних покриттів без погіршення їх властивостей.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що створені нові багатофункціональні композитні матеріали й покриття на їх основі з високими показниками діелектричних та експлуатаційних характеристик для захисту технологічного устаткування зокрема річкового та морського транспорту.

**7. Використання результатів роботи.** Результати дослідження, тобто розроблені композитні матеріали, технологія їх формування можуть бути застосовані для збільшення ресурсу експлуатації та здешевлення ремонту технологічного устаткування, зокрема морського і річкового транспорту.

Розроблені композитні матеріали, покриття і технологію їх формування та нанесення впроваджено на судні «Triumph IV» судновласної компанії «Avrey Commerce Ltd» (Сейшельські острови) при його ремонті ТОВ «Сігран» на території Херсонського суднобудівного судноремонтного заводу ім. Комінтерну, що дозволило відмовитись від використання традиційних і відомих покриттів. Це забезпечило покращення експлуатаційних характеристик устаткування, а в подальшому – передбачає отримання значного економічного ефекту.

**8. Повнота викладу матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок здобувача в публікації.** Основні результати дисертаційної роботи висвітлені в 60 наукових працях, включаючи 9 статей у



міжнародних журналах, які входять до наукометричних баз даних Scopus та Web of Science), 14 статей у фахових виданнях, 26 тез доповідей на наукових конференціях різного рівня, отримано 11 патентів на корисну модель України.

### **Статті у наукових фахових виданнях України:**

1. **Сметанкін, С.О.**, Нігалатій, В.Д., Шарко, О.В., Наговський, Д.А., Скирденко, О.І.: Модифіковані епоксидні композити для підвищення надійності і експлуатації та якості ремонту транспортної техніки. Вісник ХНТУ. **4** (55), 203–208 (2015). *Журнал входить у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: формування матеріалів та участь у проведенні експериментальних досліджень адгезійних властивостей й залишкових напружень).

2. Букетов, А.В., **Сметанкін, С.О.**, Юренін, К.Ю., Алексенко, В.Л.: Автоматизований модульний дилатометр з вертикальним розташуванням камер. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. **1**, 127–133 (2016). (Внесок дисертанта: участь у проектуванні, формуванні матеріалів та виготовленні установки).

3. Букетов, А.В., Зінченко, Д.О., **Сметанкін, С.О.**, Нігалатій, В.Д.: Дослідження поведінки антифрикційних епоксикомпозитів при зростанні температури. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. **1**, 69–81 (2016). (Внесок дисертанта: формування матеріалів для експериментальних досліджень трибологічних властивостей).

4. **Сметанкін, С.О.**, Нігалатій, В.Д., Букетов, А.В., Шарко, О.В., Скирденко, О.І., Баглюк, Г.А.: Розробка модифікованих полімерних композитів для ремонту деталей енергетичних установок транспортних систем. Науковий вісник Херсонської державної морської академії. **1** (14), 252–261 (2016). *Журнал входить у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: формування матеріалів для експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей та структури композиту).

5. Букетов, А.В., Нігалатій, В.Д., **Сметанкін, С.О.**, Зінченко, Д.О.: Використання модифікатора бензен-1, 3-діаміну для поліпшення

теплофізичних властивостей епоксидного композиту. Наукові нотатки. **56**, 18–27 (2016) *Журнал входит у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: формування матеріалів для експериментальних досліджень тепло-фізичних властивостей та участь в обговоренні отриманих результатів).

6. Buketov, A.V, Zinchenko D.A., **Smetankin S.O.**: Temperature impact upon structural and thermal physical properties of epoxy composites modified with 4, 4-sulfonil bis (4, 1-phenylene) bis (n, n-diethyldithiocarbamate). J. Hydrocarb. POWER Eng. **3, 2**, 52–64 (2016). *Журнал входит у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: формування матеріалів для дослідження фізико-механічних властивостей).

7. Ходаковський, О.В., Амелін, М.Ю., **Сметанкін, С.О.**, Акімов, А.: Дослідження впливу парааміноазобензолу на адгезійні властивості епоксидної матриці для захисних покриттів засобів транспорту. Вісник Національного технічного університету ХП. Серія Механіко-технологічні системи та комплекси. **50** (1222), 42–46 (2016). (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень адгезійних властивостей)

8. Алексенко, В.Л., Шарко, А.А., Юренін, К.Ю., **Сметанкін, С.О.**, Степанчиков, Д.М.: Влияние степени деформации на параметры сигналов акустической эмиссии стали СТЗсп. Наукові нотатки. **60**, 8–21 (2017). *Журнал входит у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень).

9. Букетов, А.В., Кулініч, В.Г., **Сметанкін, С.О.**, Андрійчук, В.А., Алексенко, В.Л.: Влияние модификатора  $C_{13}H_{12}Cl_2N_2$  на адгезионные свойства эпоксидной матрицы. Наукові нотатки. **60**, 69–74 (2017). *Журнал входит у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень та обговорення одержаних результатів).

10. Алексенко, В.Л., Шарко, А.А., **Сметанкин, С.А.**, Степанчиков, Д.М., Юренин, К.Ю.: Обнаружение акустико-эмиссионных эффектов при повторном нагружении образцов из стали СТЗсп. Техническая диагностика и неразрушающий контроль. **4**, 25–31 (2017). (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень та обговорення одержаних результатів).

11. Букетов, А.В., Кулініч, А.Г., Гусєв, В.М., **Сметанкін, С.О.**, Яцюк, В.М.: Вплив модифікатора 4-амінобензойної кислоти на фізико-механічні властивості епоксидних композитних матеріалів. Вісник Херсонського національного технічного університету. **2 (65)**, 19–26 (2018). *Журнал входить у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей модифікованого композиту та обговорення одержаних результатів).

12. **Сметанкін, С.О.**, Стухляк, Д.П., Яцюк, В.М., Барановський, В.С.: Теплофізичні властивості модифікованих 2, 4-діамінотолуеном епоксидних матриць. Вісник Херсонського національного технічного університету. **2 (65)**, 41–55 (2018). *Журнал входить у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень та обробка результатів експерименту)

13. Букетов, А.В., Кулініч, А.Г., Гусєв, В.М., **Сметанкін, С.О.**, Яцюк, В.М.: Дослідження адгезійних властивостей модифікованих 4-амінобензойною кислотою полімерних композитних матеріалів. Наукові нотатки. **63**, 34–39 (2018). *Журнал входить у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*.

14. Букетов, А.В., Кулініч, В.Г., **Сметанкін, С.А.**, Букетова, Н.М., Яцюк, В.М.: Вплив модифікаторів  $C_{13}H_{12}Cl_2N_2$  та  $C_{13}H_{14}N_2$  на механічні властивості епоксидної матриці. Наукові нотатки. **66**, 37–45 (2019). *Журнал входить у міжнародну наукометричну базу даних Google Scholar*. (Внесок дисертанта: участь у проведенні експерименту та аналізу результатів досліджень, щодо впливу модифікатора на механічні властивості матеріалів).

### **Статті у наукових фахових виданнях України,**

#### **які входять до міжнародних наукометричних баз даних:**

1. Buketov, A.V., **Smetankin, S.A.**, Akimov, A.V., Kulinich, A.G.: Epoxy composite modifications influence on the energy activation's of thermal destruction. *Funct. Mater.* **26 (2)**, 403–411 (2019). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science* (<https://doi.org/10.15407/fm26.02.403>) (Внесок дисертанта: підготовка зразків, обробка

результатів експерименту, формування матеріалів, аналіз та обґрунтування результатів дослідження енергії активації термічної деструкції модифікованих композитів).

**Статті у наукових виданнях інших держав,  
які входять до міжнародних наукометричних баз даних:**

1. Buketov, A.V., Zinchenko, D.O., **Smetankin, S.O.**: Nanomodified dispersed particles- and synthetic fibers-filled epoxy composite materials for the metal- polymer tribosystems of transport vehicles. *Nanomechanics Sci. Technol. An Int. J.* **8**, 41–54 (2017). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science (doi.org/10.1615/NanomechanicsSciTechnolIntJ.v8.i1.40)* (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень трибологічних властивостей композитів)

2. Zinchenko, D.O., **Smetankin, S.O.**: Nanomodified epoxy composite materials for metal–polymer tribosystems of transport vehicles. *Nanosci. Technol. An Int. J.* **9**, 9–17 (2018). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science (doi.org/10.1615/NanoSciTechnolIntJ.2018025426)* (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень трибологічних властивостей композитів)

3. Buketov, A.V., Brailo, M.V., Yakushchenko, S.V., Saprionov, O.O., **Smetankin, S.O.**: The formulation of epoxy-polyester matrix with improved physical and mechanical properties for restoration of means of sea and river transport. *J. Mar. Eng. Technol.* 1–6 (2018). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science (doi.org/10.1080/20464177.2018.1530171)* (Внесок дисертанта: обговорення результатів дослідження ударних навантажень на властивості композитів).

4. Akimov, A.V., Buketov, A.V., Saprionov, A.A., Brailo, M.V., Yakushchenko, S.V., **Smetankin, S.A.**: Development of polymer composites with improved thermophysical properties for shipbuilding and ship repair. *Compos. Mech. Comput. Appl. An Int. J.* **10**, 117–134 (2019). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science (doi.org/10.1615/CompMechComputApplIntJ.2018026)*

989) (Внесок дисертанта: обговорення результатів дослідження тепло-фізичних властивостей композитів).

5. Sapronov, O., Buketov, A., Sapronova, A., Sotsenko, V., Brailo, M., Yakushchenko, S., Maruschak, P., **Smetankin, S.**, Kulinich, A., Kulinich, V., Poberezhna, L.: The Influence of the Content and Nature of the Dispersive Filler at the Formation of Coatings for Protection of the Equipment of River and Sea Transport. SAE Int. J. Mater. Manuf. 13, 05-13-01–0006 (2020). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science (doi.org/10.4271/05-13-01-0006)* (Внесок дисертанта: обговорення отриманих результатів).

6. Buketov, A. V., Kulinich, V.G., **Smetankin, S.A.**, Yatsyuk, V.M., Yakushchenko, S. V.: Processes of dynamic thermal destruction of composite epoxy materials as a function of 3,3-dichloro-4,4-diaminodiphenylmethane content. Compos. Mech. Comput. Appl. An Int. J. 11, 77–98 (2020). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science (doi.org/10.1615/CompMechComputApplIntJ.2020031230)* (Внесок дисертанта: участь у проведенні експерименту, обробки результатів та обговоренні результатів досліджень)

7. Buketov, A. V., Kulinich, A.G., Akimov, A. V., **Smetankin, S.A.**, Gusev, V.N., Levkivskyi, R.N.: Research of activation energy of thermal breakdown of polymer composites modified by 4-aminobenzoic acid. Compos. Mech. Comput. Appl. An Int. J. 11, 99–112 (2020). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science (doi.org/10.1615/CompMechComputApplIntJ.20)* (Внесок дисертанта: участь у проведенні експерименту, обробки результатів та обговоренні результатів досліджень)

8. Buketov, A., **Smetankin, S.**, Lysenkov, E., Yurenin, K., Akimov, O., Yakushchenko, S., Lysenkova, I.: Electrophysical Properties of Epoxy Composite Materials Filled with Carbon Black Nanopowder. Adv. Mater. Sci. Eng. 2020, 1–7 (2020). *Журнал входить у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science (doi.org/10.1155/2020/6361485)* (Внесок дисертанта: підготовка зразків, обробка результатів експерименту, формування матеріалів, аналіз та обґрунтування результатів дослідження електрофізичних властивостей композитів наповнених нанодисперсною сажею).

## Патенти

1. Корозійнотривке епоксидне покриття: пат. 127445 Україна, МПК (2018.01) C08L 63/00. №u201803745; заявл. 06.04.2018; опубл. 25.07.2018, бюл. № 14. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).
2. Епоксидний композит з нанодисперсним наповнювачем: пат. 128830 Україна: МПК (2018.01) C08L 63/00. № u201803754; заявл. 06.04.18; опубл. 10.10.18, Бюл. № 19. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).
3. Епоксидне покриття із підвищеною когезійною міцністю: пат. 129620 Україна, МПК (2018.01) C09D 163/00, C08L 63/00; № u 201803764 заявл. 06.04.2018; опубл. 12.11.2018, бюл. № 21. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).
4. Модифікований епоксидний композит: пат. 128827 Україна, МПК (2018.01) C08L 63/00; №a201803716; заявл. 06.04.2018; опубл. 10.10.2018, бюл. № 19. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).
5. Спосіб визначення модуля поздовжньої пружності зразків матеріалів та готових виробів: пат. 130254 Україна, МПК (2018.01) G01N 3/00, G01N 3/42 (2006.01). №u201807099; заявл. 23.06.2018; опубл. 26.11.2018, бюл. № 22. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).
6. Епоксидний композит із підвищеною пружністю: пат. 136153 Україна, МПК (2019.01) C09D 5/00, C09D 163/00. №u201901258; заявл. 01.02.2019; опубл. 12.08.2019, бюл. № 15. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).
7. Епоксидний адгезив із дисперсним наповнювачем: пат. 136154 Україна, МПК (2019.01) C08L 63/00, C09D 5/08, C09D 5/16, C09D 163/10. №u201901270; заявл. 07.02.2019; опубл. 12.08.2019, бюл. № 15. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту)
8. Модифіковане епоксидне зв'язуюче з підвищеними адгезійними характеристиками: Пат. 137918 Україна, МПК (2019.01) C08L 63/00.

№u201904335; заявл. 22.04.2019; опубл. 11.11.2019, бюл. № 21. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).

9. Модифіковане епоксидне зв'язуюче з поліпшеними фізико-механічними властивостями: пат. 137919 Україна, МПК (2019.01) C08L 63/00. №u201904339; заявл. 22.04.2019; опубл. 11.11.2019, бюл. № 21. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).

10. Модифіковане епоксидне зв'язуюче з поліпшеними теплофізичними властивостями: пат. 137922 Україна, МПК (2019.01) C08L 63/00. №u201904344; заявл. 22.04.2019; опубл. 11.11.2019, бюл. № 21. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).

11. Заявка u 202001975 Україна, МПК (2006.01) G01N 3/08. Зразок для випробування композитних матеріалів на розтяг. № u 202001975; заявл. 23.03.2020. (Внесок дисертанта: обговорення результатів експерименту).

#### **Тези наукових доповідей:**

1. Сапронов, О.О., **Сметанкін, С.О.**: Дослідження перебігу термічної деструкції у епоксидних композитах, наповнених карбонатом срібла.: Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. р. 69. ТНТУ, Тернопіль, 25-26 листоп. (2015) (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень тепло-фізичних властивостей).

2. **Сметанкін С.О.**, Нігалатій В.Д.: Адгезійні властивості модифікованих бензен-1,3-діаміном епоксидних композитів.: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток інноваційної діяльності в галузі технічних і фізико-математичних наук»: тези доп., рр. 209–212. Миколаївський нац. ун-т ім. В.О. Сухомлинського, Миколаїв, 22 - 24 верес. (2016) (Внесок дисертанта: проведення експерименту та обговорення одержаних результатів дослідження адгезійних властивостей композитів).

3. Букетов А.В., **Сметанкін С.О.**, Нігалатій В.Д., Яцюк В.М., Ярема І.Т.: Модифіковані полімерні композити для ремонту деталей СЕУ.:

Матеріали 7-мої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»: тези доп., pp. 163–164. Херсонська державна морська академія, Херсон, 22-23 верес. (2016) (Внесок дисертанта: обробка результатів експерименту).

4. Алексенко В.Л., **Сметанкин С.А.**, Юренин К.Ю.: Определение нагрузок на гидродинамический тормоз подводного якоремётного устройства.: «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» (СЕУТТОО) [Збірка матеріалів 7-мої Міжнародної науково-практична конференції, pp. 123–124. Херсонська державна морська академія, Херсон, 22-23 вересня (2016) (Внесок дисертанта: участь в обговоренні одержаних результатів).

5. Smetankin, S., Sapronov, A., Leschenko, O.: Adhesive strength of modified 4, 4,-sulfonilbis (4, 1-phenylene) bis (N, N diethyldithiocarbamate) ероху matrix Contemporary state and perspectives. Международна научна конференція.: Сборник с доклади от международна научна конференция. Том 1. «Съвременно състояние и перспективи». pp. 39–41. Наука и экономика «Украйна – България – Европейски Съюз, Варна (2016) (Внесок дисертанта: проведення експерименту та обговорення одержаних результатів дослідження адгезійних властивостей композитів).

6. Букетов А.В., Зінченко Д.О., Акімов О.В., **Сметанкін С.О.**: Вплив антифрикційної добавки на фізико-механічні властивості епоксикомпозитів.: «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті»: тези доп. (MINTT) [Збірка матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної конференції, pp. 310–311. Херсонська державна морська академія, Херсон 24-26 травня (2016) (Внесок дисертанта: участь у проведенні експерименту та обговоренні одержаних результатів дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів).

7. Алексенко В.Л., Зинченко Д.А., **Сметанкин С.А.**, Сердюк Н.В.: Безокислительный нагрев стальных заготовок под термообработку и обработку давлением.: «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на



транспорті»: тези доп. (MINTT) [Збірка матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної конференції, pp. 295–297. Херсонська державна морська академія, Херсон, 24-26 травня (2016) (Внесок дисертанта: обговорення отриманих результатів).

8. Букетов А.В., Акимов А.В., Зинченко Д.А., **Сметанкин С.А.**: К вопросу оптимизации ингредиентов композитных материалов на основе эпоксидиановой смолы методом математической статистики.: материалы международной научной конференции «Современные проблемы математики, механики и информатики». р. 79. Карагандинский государственный университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда (2016) (Внесок дисертанта: обговорення отриманих результатів).

9. Нігалатій В.Д., **Сметанкін С.О.**, Зінченко Д.О.: Використання модифікатора бензен-1,3-діаміну для поліпшення теплофізичних властивостей епоксидного композиту.: «Актуальні задачі сучасних технологій» : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, р. 83. Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя, Тернопіль, 17–18 листоп. (2016) (Внесок дисертанта: підготовка зразків та обробка результатів експерименту).

10. Алексенко В.Л., **Сметанкін С.О.**, Зінченко Д.О., Яцюк В.М., Акімов О.В., Тарасов П.Є.: Кварцові наповнювачі для полімерних вінілефірних композитів.: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Обладнання і технології сучасного машинобудування» присвяченої пам'яті професора Нагорняка Степана Григоровича. pp. 32–34. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль (2017) (Внесок дисертанта: обговорення отриманих результатів).

11. Алексенко В.Л., **Сметанкин С.А.**, Юренин К.Ю., Гиренко А.А.: К вопросу определения модуля Юнга оксиферов.: «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті»: тези доп. (MINTT ) [Збірка матеріалів IX Міжнародної науково-практичної конференції, pp. 282–284. Херсонська державна морська академія, Херсон, 23-25 травня (2017) (Внесок дисертанта: обговорення отриманих результатів).

12. **Алексенко В.Л., Шарко А.А., Юренин К.Ю., Сметанкин С.А.:** Изучение влияния степени деформации на параметры сигналов акустической эмиссии.: Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство. Міжнародна науково-технічна конференція, pp. 108–109. Херсонська державна морська академія, Херсон, 21-22 вересня (2017) (Внесок дисертанта: участь у підготовці зразків та обробці результатів експерименту).

13. **Сметанкин С.А.:** Влияние модификатора 4,4 - сульфонилбис(4,1-фенилен)бис(N, N – диэтилдитиокарбамата) на физико-механические свойства эпоксидной матрицы.: Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство. Міжнародна науково-технічна конференція, pp. 127–128. Херсонська державна морська академія, Херсон, 21-22 вересня (2017) (Внесок дисертанта: підготовка зразків, обробка результатів експерименту, формування матеріалів, аналіз та обґрунтування результатів дослідження фізико-механічних властивостей модифікованих композитів).

14. **Сметанкин С.А., Кулинич В.Г., Андрейчук В.С.:** Влияние модификатора  $C_{13}H_{12}Cl_2N_2$  на адгезионные свойства эпоксидной матрицы.: Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство. Міжнародна науково-технічна конференція, pp. 129–130. Херсонська державна морська академія, Херсон, 21-22 вересня (2017)

15. **Букетов А.В., Кулинич В.Г., Сметанкин С.А., Андрейчук В.С.:** Влияние модификатора  $C_{13}H_{12}Cl_2N_2$  на физико-механические свойства эпоксидной матрицы.: Суднова енергетика: стан та проблеми: Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. pp. 171–174. НУК, Миколаїв (2017) (Внесок дисертанта: участь у проведенні експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей)

16. **Букетов А.В., Сметанкин С.А., Кулинич В.Г., Андрейчук В.С., Степанчиков Д.Н.:** Влияние технологии формирования на адгезионные свойства модифицированной эпоксидной матрицы к сплавам различной природы.: Суднова енергетика: стан та проблеми: Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. pp. 174–178. НУК, Миколаїв

(2017) (Внесок дисертанта: проведення експерименту, аналіз, обробка та обґрунтування результатів дослідження)

17. Алексенко В.Л., Шарко А.А., **Сметанкин С.А.**, Степанчиков Д.Н., Юренин К.Ю.: Метод диагностики разрушения материалов с применением сигналов акустической эмиссии.: Суднова енергетика: стан та проблеми: Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. pp. 396–398. НУК, Миколаїв (2017) (Внесок дисертанта: участь у проведенні експерименту та обговоренні одержаних результатів)

18. Букетов А.В., **Сметанкин С.А.**, Кулинич А.Г., Амелін М.Ю.: Анализ процессов термической деструкции модифицированных эпоксикомпозитов.: Венгер Є.Ф, Паль-Валь П.П, Мозговий О.В. (ed.) Структурна релаксація у твердих тілах : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, pp. 170–172. ТОВ «Нілан – ЛТД», Вінниця, 22-24 травня (2018) (Внесок дисертанта: проведення експерименту, аналіз результатів досліджень впливу модифікатора на теплофізичні властивості матеріалів).

19. Букетов А.В., **Сметанкин С.А.**, Амелин М.Ю., Кулинич В.Г., Маляренко О.Д.: Влияние концентрации модификатора на адгезионные свойства эпоксидной матрицы к сплавам различной природы.: «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті»: тези доп. (MINTT) [Збірка матеріалів X Міжнародної науково-практичної конференції, pp. 276–277. Херсонська державна морська академія, Херсон, 29–31 травня (2018) (Внесок дисертанта: проведення експерименту, аналіз результатів досліджень впливу модифікатора на адгезійні властивості композитів).

20. Букетов А.В., Кулініч А.Г., **Сметанкін С.О.**, Яцюк В.М.: Дослідження енергії активації термічної деструкції полімерних композитів, модифікованих 4-амінобензойною кислотою (4-aminobenzoic acid):. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 100-річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100-річчя з дня смерті), p. 32. Тернопільський національний технічний університет імені Івана

Пулюя, Тернопіль, 23–24 травня (2018) (Внесок дисертанта: математична обробка результатів експерименту та аналіз отриманих даних).

21. Букетов А.В., **Сметанкин С.А.**, Сапронов А.А., Юренин К.Ю., Кулинич В.Г., Кулинич А.Г., Безбах О.Н., Негруца Р.Ю.: Исследование теплостойкости эпоксидных композитов, модифицированных 4,4-сульфонилбис(4,1-фенилен)бис(N,N- диэтилдитиокарбаматом).: матеріали IV-ої Міжнародної наук.-практ. конф. [«Сучасні технології промислового комплексу: базові процесні інновації»], 12 – 16 вересня. р. 96. Херсонський національний технічний університет, Херсон (2018) (Внесок дисертанта: проведення експерименту, аналіз та обґрунтування результатів досліджень теплофізичних властивостей).

22. Buketov A., **SmetankinS.**, SapronovA., YureninK, Kulinich'V., Kulinich A., BezbakhO., N.: Development of modified epoxy nanocomposite coatings for restoring of transport vehicles.: 10th International Conference: Advanced Materials and Technologies, p. 74. China, Ninghai 24-26 oct. (2018) (Внесок дисертанта: проведення експерименту та обговорення результатів досліджень)

23. Алексенко В.Л., Романов Б.В., **Сметанкин С.А.**, Соценко В.В., Юренин К.Ю.: Образец со съёмными головками для испытания материалов на растяжение.: «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті»: тези доп. (MINTT) [Збірка матеріалів XI Міжнародної науково-практичної конференції, 28–30 травня. pp. 323–326. Херсонська державна морська академія, Херсон (2019) (Внесок дисертанта: обговорення результатів досліджень)

24. **Сметанкин С.А.**: Исследование ударной вязкости эпоксидных композитов, наполненных нанодисперсной сажей.: Теоретические и прикладные проблемы математики, механики и информатики: материалы международной научной конференции, приуроченной к 70-летию доктора физико-математических наук, профессора Рамазанова Мурата Ибраевича,. р. 196. КарГУ им. Е.А. Букетова, Караганда, 12-13 июня (2019) (Внесок дисертанта: підготовка зразків, обробка результатів експерименту, формування матеріалів,

аналіз та обґрунтування результатів впливу ударних навантажень на властивості композитів).

25. Горобець В.Г., Букетов А.В., Богдан Ю.О., **Сметанкін С.О.**, Юренін К.Ю., Богдан А.П.: Розробка захисного теплопровідного покриття поверхонь теплообміну газо-водяних теплообмінних апаратів.: Суднова енергетика стан та проблеми: Міжнародна науково-технічна конференція. pp. 259–264. НУК, Миколаїв (2019) (Внесок дисертанта: участь у проведенні експерименту та обговоренні результатів дослідження)

26. **Сметанкін С.О.**, Юренін К.Ю., Алексенко В.Л.: Діелектричні властивості епоксидних композиційних матеріалів наповнених нанодисперсною сажею.: Науковий секретар: Золотий Р.З. (ed.) Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 60 річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, 1. pp. 38–39. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль (2020). (Внесок дисертанта: підготовка зразків, обробка результатів експерименту, формування матеріалів, аналіз та обґрунтування результатів дослідження електрофізичних властивостей композитів наповнених нанодисперсною сажею).

### **Матеріали дисертації повністю відображено в публікаціях.**

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, його наукових праць та довідки про наявність запозичень з інших документів (перевірку наявності текстових запозичень здійснено в антиплагіатній інтернет-системі Unichек.com) встановлено, що дисертаційне дослідження виконано самостійно, текст роботи не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

**9. Апробація матеріалів дисертації.** Результати дисертаційної роботи було оприлюднено на Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» (Херсон, 2016 р.), Міжнародній науковій конференції «Ukraine – Bulgaria – European Union: contemporary state and perspectives»

(Варна, 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток інноваційної діяльності в галузі технічних і фізико-математичних наук» (Миколаїв, 2016, 2019 р.р.), Международной научной конференции «Современные проблемы математики, механики и информатики» (Караганда, 2016 р.), V-ій Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 2016 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Обладнання і технології сучасного машинобудування» (Тернопіль, 2017 р.), IX-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT–2017)» (Херсон, 2017 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство» (Херсон, 2017 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми» (Миколаїв, 2017, 2019 р.р.), VI-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Структурна релаксація у твердих тілах» (Вінниця, 2018 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» (Тернопіль, 2018 р.), X-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT–2018)» (Херсон, 2018 р.), IV-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології промислового комплексу: базові процесні інновації» (Херсон, 2018 р.), Международной научной конференции «Теоретические и прикладные вопросы математики, механики и информатики» (Караганда, 2019 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» (Тернопіль, 2020 р.).

**10. Оцінка мови та стилю дисертації.** Дисертація написана державною мовою, її структура відповідає алгоритму здійсненого автором дослідження. Матеріал роботи викладено в суворій логічній послідовності та доступний для сприйняття. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку проведення

експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167), Наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Стиль викладення матеріалу відповідає прийнятому в науковій літературі.

**11. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту.** За змістом дисертаційна робота Сметанкіна С.О. «Розробка багатофункціональних епоксидних нанокompозитів з поліпшеними діелектричними властивостями для підвищення експлуатаційних характеристик транспортних засобів» повністю відповідає напрямам дослідження спеціальності 132 – Матеріалознавство.

Здобувач у повній мірі виконав освітню та наукову складову третього рівня вищої освіти.

**12. Рекомендація дисертації до захисту.** Дисертаційна робота Сметанкіна С.О. «Розробка багатофункціональних епоксидних нанокompозитів з поліпшеними діелектричними властивостями для підвищення експлуатаційних характеристик транспортних засобів» відповідає вимогам, передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167). Враховуючи високий рівень виконаних досліджень, а також актуальність теми роботи, наукову новизну результатів та їх наукове і практичне значення, розширене засідання кафедри транспортних технологій рекомендує дисертацію Сметанкіна С.О. «Розробка багатофункціональних епоксидних нанокompозитів з поліпшеними діелектричними властивостями для підвищення експлуатаційних характеристик транспортних засобів» до захисту у спеціалізованій вченій раді для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

#### **Зауваження та рекомендації**

1. В тексті зустрічаються неточні вирази, деякі розділи переобтяжені цифровим матеріалом, зустрічаються графіки підписані

англійською мовою.

2. Разом з тим, загальне враження від дисертації позитивне, а зауваження не носять принципового характеру.

**УХВАЛИЛИ:**

1. Затвердити «Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації» щодо дисертації Сметанкіна С.О. на тему: «Закономірності формування модифікованих епокси-поліефірних композитів для підвищення зносостійкості деталей транспортних засобів».

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю та практичною придатністю здобутих результатів дисертація Сметанкіна С.О. відповідає нормативному змісту та напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Херсонської державної морської академії зі спеціальності 132 – Матеріалознавство та вимогам пп. 9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167) і рекомендує до захисту у спеціалізованій вченій раді з наукового напрямку, за яким підготовлено дисертацію.

**Рецензент**

професор кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння д-р. техн. наук., доцент



Дмитро КРУГЛИЙ

**Рецензент**

Доцент кафедри транспортних технологій та механічної інженерії, канд. техн. наук



Тетяна ІВЧЕНКО

Підпис *Александра Крутого*  
засвідчую 15.10.2020р.  
начальник відділу кадрів ХДМА  
*Мариса Югочева*



Підпис *Тетяна Івченко*  
засвідчую 15.10.2020р.  
начальник відділу кадрів ХДМА  
*Мариса Югочева*

