

9

ПРОМИСЛОВІСТЬ,  
ІННОВАЦІЇ ТА  
ІНФРАСТРУКТУРА



Затверджую  
в.о. ректора ХНУРЕ



## ЗВІТ ПРО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ З ЦІЛІ 9

«ПРОМИСЛОВІСТЬ, ІННОВАЦІЇ ТА ІНФРАСТРУКТУРА»

у 2024 році

9

INDUSTRY, INNOVATION  
AND INFRASTRUCTURE



Харків 2025

## Інформація про наукову та науково-технічну діяльність Харківського національного університету радіоелектроніки за 2024 рік

### І Узагальнена інформація щодо наукової та науково-технічної діяльності закладу вищої освіти

– Харківський національний університет радіоелектроніки, ХНУРЕ, є одним з профільних університетів України, в якому інформаційним технологіям та інноваційним підходам до освітнього процесу приділяється велика увага. ХНУРЕ має сучасну матеріально-технічну базу для навчання і досліджень – це сучасний потужний освітній та науковий центр, до складу якого входить 7 факультетів і 31 кафедра, які ведуть підготовку студентів за 46 спеціальностями із 7 галузей знань. В університеті здобувають освіту близько 7 тисяч студентів. Науковий потенціал університету нараховує близько 100 докторів наук, професорів, 313 кандидатів наук, функціонує відділ аспірантури за 14 спеціальностями.

– ХНУРЕ здійснює значний вплив на розвиток світової та національної інженерно-технологічної науки завдяки фундаментальним і прикладним дослідженням. Його внесок охоплює стратегічні галузі, включаючи кіберсоціальні системи, нейро-фаззи моделювання, аналіз поточних даних, комунікаційні технології та космічні системи спостереження, що формують технологічну основу для сучасних інновацій; здійснює фундаментальні та прикладні дослідження у сфері інженерно-технологічних наук. Розроблені наукові результати сприяли значному впливу на розвиток кіберсоціальних систем, нейро-фаззи моделювання, аналізу поточних даних, комунікаційних технологій та космічних систем спостереження.

– ХНУРЕ активно впроваджує інноваційні підходи та інтегрує дослідження у практичні проєкти. Лабораторії університету оснащені сучасним обладнанням для моделювання нейронних мереж, навчання машинного інтелекту та проведення високоточних експериментальних досліджень. Це дозволяє не лише формувати фундаментальні наукові знання, а й забезпечувати їхню ефективну імплементацію у високотехнологічні галузі, такі як військові розробки, космічні системи, промислові автоматизовані комплекси та інтелектуальні телекомунікаційні мережі.

– Наукові досягнення ХНУРЕ отримали міжнародне визнання, що підтверджується участю в європейських дослідницьких програмах Horizon Europe, публікаціями у провідних міжнародних наукових журналах, а також впровадженням технологічних розробок у співпраці з міжнародними партнерами. Це підтверджується численними публікаціями, участю у міжнародних конференціях та співпрацею з провідними науковими установами світу. Університет активно розширює співробітництво у межах міжнародних програм, що сприяє обміну знаннями, розширенню дослідницьких можливостей та впровадженню передових технологій у промисловість.

Протягом 2020-2024 рр. у науковій діяльності ХНУРЕ брали участь щорічно близько 600 штатних наукових та науково-педагогічних працівників, серед яких:

|                                               | 2020 р. | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | 2024 р. |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Науково-педагогічні працівники, у тому числі: | 765     | 635     | 614     | 588     | 593     |
| доктори наук                                  | 123     | 95      | 96      | 99      | 95      |
| кандидати наук                                | 399     | 347     | 339     | 314     | 313     |
| Штатні працівники НДЧ, у тому числі:          | 47      | 40      | 32      | 22      | 26      |
| доктори наук                                  | 2       | 3       | 3       | 3       | 2       |
| кандидати наук                                | 20      | 17      | 14      | 9       | 7       |

Для виконання НДР у багатьох випадках створювались тимчасові колективи з висококваліфікованих науково-педагогічних та наукових штатних працівників, які виконували роботи за договорами цивільно-правового характеру: у 2020 – 69 осіб, у 2021 р. – 99 осіб, у 2022 р. – 38 осіб, у 2023 р. – 83 особи, у 2024 р. – 56 осіб.

Види (фундаментальне – фундаментальне дослідження, прикладне – прикладне дослідження, розробка – науково-технічна (експериментальна) розробка) виконаних науково-дослідних робіт (далі – НДР), їх кількість, джерела та обсяги їх фінансування за останні п'ять років наведено у таблиці:

| Назва показника                                                                                                                   | 2020 р.   |          | 2021 р.   |          | 2022 р.   |          | 2023 р.   |          | 2024 р.   |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                                                                                                                                   | к-ть, од. | тис. грн | к-ть, од. | тис. грн | к-ть, од. | тис. грн | к-ть, од. | тис. грн | к-ть, од. | тис. грн |
| Загальний фонд, всього, з них:                                                                                                    | 11        | 10173,36 | 11        | 15510,3  | 9         | 9038,76  | 5         | 5492,32  | 9         | 9199,95  |
| – фундаментальні                                                                                                                  | 2         | 1660,36  | 1         | 1338,44  | 1         | 938,92   | 1         | 884,82   | 3         | 2479,65  |
| – прикладні                                                                                                                       | 4         | 4110,65  | 5         | 8014,28  | 6         | 6330,02  | 2         | 2010     | 3         | 3520,3   |
| – розробки                                                                                                                        | 5         | 4402,36  | 5         | 5286,89  | 2         | 1569,82  | 2         | 2400     | 3         | 3200,0   |
| Спеціальний фонд, всього, з них:                                                                                                  | 12        | 7574     | 28        | 17270,57 | 22        | 8780,3   | 27        | 14551,55 | 30        | 13946,41 |
| – державні гранти                                                                                                                 | 1         | 615,9    | 1         | 2697,52  | –         | –        | 1         | 1667,59  | –         | –        |
| – міжнародні гранти                                                                                                               | 5         | 1954     | 8         | 4479,75  | 13        | 2327,93  | 18        | 6253,8   | 21        | 10614,12 |
| – договори/контракти, які фінансуються українськими замовниками (окрім грантів) (ДЗ, РН, послуги, інші договори, дослідний завод) | 6         | 5004,1   | 19        | 10093,3  | 9         | 6452,37  | 8         | 6630,16  | 9         | 3332,29  |
| – договори/контракти, які фінансуються іноземними замовниками (окрім грантів)                                                     | –         | –        | –         | –        | –         | –        | –         | –        | –         | –        |

## II Результати наукової та науково-технічної діяльності

Основні наукові результати НДР за усіма завершеними у 2024 році науковими дослідженнями і розробками:

**1. «Розробка принципів мультипараметричної оцінки антиоксидантної активності біологічних зразків хемі- та електрохемілюмінесцентним методами»,** фундаментальна науково-технічна розробка, науковий керівник – Сніжко Дмитро Вікторович, доктор технічних наук, професор, фінансування за весь період виконання – 2777,273 тис. грн., обсяг фінансування на 2024 р. – 953,53 тис. грн.

Отриманий науковий результат його новизна

Розроблено комплекс лабораторного устаткування для проведення електрохімічного, хемілюмінесцентного, електрохемілюмінесцентного аналізу речовин в тестових системах. Розроблена концепція мікроаналітичної система мультиплексної оцінки антиоксидантної активності речовин з можливістю до мініатюризації і адаптації у форматі «point of care testing». Розроблений апаратний комплекс визначення надслабкого оптичного випромінювання (ЕХЛ) під час дослідження зразків з антиоксидантами. Дані дослідження переважних механізми взаємодії антиоксидантів з компонентами модельних систем.

#### Науковий рівень

Перевагами технології є поєднання найбільш ефектних методів аналізу, а саме хемілюмінесцентного та електрохемілюмінесцентного для мультипараметричної оцінки антиоксидантної активності біологічних зразків. Багатофакторність змін антиоксидантного статусу організму людини під впливом внутрішніх та зовнішніх чинників може бути оцінена шляхом застосування багатопараметричного аналізу. Ефективне поєднання споріднених аналітичних методів дозволяє реалізувати аналітичну систему за допомогою універсальної платформи. Розширення аналітичних методик визначення показників антиоксидантної активності біологічних зразків дозволить пов'язати їх з відповідними факторами впливу на організм, а отже в подальшому використовувати для проведення діагностики та моніторингу в процесі терапії. Технологія відповідає сучасному світовому рівню в цій галузі.

#### Значимість та практичне застосування

Технологія мультипараметричного аналізу антиоксидантної активності біологічних зразків методами хемілюмінесцентного та електрохемілюмінесцентного аналізів надасть змогу створити комерційний продукт, що становитиме предмет подальшої комерціалізації. Відповідно будуть створені робочі місця та продукція з високою інтелектуальною ємністю, що конкуруватиме на ринку медичних послуг. Інвестиції до технологій охорони здоров'я є безумовним аспектом сталого розвитку обороноздатності країни. Областями використання результатів НДР становитимуть різноманітні медичні заклади, та медичні лабораторії, підприємства що займаються виробництвом діагностичного та/або аналітичного обладнання.

**2. «Розроблення інфокомунікаційної технології моніторингу повітряних цілей та видачі цілевказівки на їх ураження мережею оптико-електронних станцій»**, прикладне дослідження, науковий керівник – Шостко Ігор Світославович, доктор технічних наук, професор, фінансування за весь період виконання – 2550,0 тис. грн., обсяг фінансування на 2024 р. – 1500,00 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

На відміну від існуючих аналогів вперше розроблена інфокомунікаційна технологія (ІКТ) для отримання розвідувальних даних через інфокомунікаційну мережу (ІКМ) від просторово розподілених оптико-електронних станцій (ОЕС) наземного та оптико-електронних пристроїв (ОЕП) повітряного базування, особливістю якої є перерозподіл завдань обробки результатів траєкторних вимірювань між автономної в ОЕС(ОЕП) і сумісної в ІАЦ. Вперше в Україні використано можливості платформи Cesium для відображення положення виявлених повітряних цілей на електронній карті, дані отримуються в режимі реального часу від мережі ОЕС,ОЕП, які виявляють та супроводжують повітряні цілі. Таким чином в ІКТ реалізована ідея коли оператор відстежуватиме ціль у віртуальному світі, а дані надходитимуть від ОЕС,ОЕП.

#### Науковий рівень

Розроблено комплекс математичних моделей та методів виявлення, супроводу повітряних об'єктів. Розроблено методи комплексування результатів вимірювань різних типів датчиків ОЕС,ОЕП, що розташовані на землі та в повітрі, та задіяних при визначенні положення в просторі та вимірюванні параметрів руху повітряних об'єктів. Обґрунтовано склад, принципи створення та функціонування, визначені характеристики та функції ІКМ. Виконано науково-технічне обґрунтування методів, алгоритмів і відповідного прототипу ПМЗ на основі платформи Cesium для 3D геопросторової візуалізації фактичних та прогнозованих траєкторій руху всіх цілей, що спостерігаються. Розроблено метод формалізації задачі видачі цілевказівок ракетно-

артилерійським засобам для ураження цілі.

#### Значимість та практичне застосування

ІКТ застосовується для отримання, обробки і відображення даних від множини просторово розподілених різноманітних ОЕС,ОЕП, що розташовані на землі та в повітрі. Кожна ОЕС,ОЕП у зоні своєї відповідальності забезпечує виявлення, супровід, розпізнавання повітряних цілей: авіаційних засобів та ін. Дані, отримані від безлічі ОЕС,ОЕП, що об'єднані ІКМ, обробляються в мобільному ІАЦ спільної обробки й аналізу вимірної інформації. ІАЦ обчислює координати розташування цілей. Мітка розташування кожної цілі у просторі, її ідентифікаційний номер та траєкторія її руху відображаються у реальному масштабі часу на електронній карті в системі координат (WGS-84). Відносно мітки розраховуються цілевказівки ракетно-артилерійським засобам для ураження цілі.

**3. «Розроблення оптоволоконного модуля на основі фотоннокристалічних структур для просторової стабілізації об'єктів та підвищення точності систем ураження цілей»,** науково-технічна розробка, науковий керівник – Гнатенко Олександр Сергійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, фінансування за весь період виконання – 3000,0 тис. грн., обсяг фінансування на 2024 р. – 1500,00 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

Конструкція та склад модуля обґрунтовані за допомогою аналізу світових аналогів. Принципи роботи та функції спираються на теоретичну основу: теорія розповсюдження світла у середовищах, теорія оптичної спектроскопії, нелінійна оптика, теорія обробки сигналів, теорія нелінійної метрології, теорія інформації та досвід авторів набутий за даною тематикою. В роботі вперше розроблено комплекс математичних моделей та чисельних методів моделювання гіроскопа на основі фотоннокристалічних волокон (розрахунок характеристик фотоннокристалічних структур (дослідження розповсюдження світла по структурі, розрахунок дисперсійних характеристик, розрахунок впливу зовнішніх факторів на фотоннокристалічне волокно)). Експлуатаційні характеристики модуля будуть підтверджені шляхом математичного моделювання, натурних експериментів та випробувань.

#### Науковий рівень

В ході досліджень та порівнянні з роботами та аналогами оптоволоконних гіроскопів, які оснований на волокнах SMF 28, з підтримкою поляризації гіроскопи на основі фотоннокристалічних волокон (Hollow-core PM fiber (HC-PM), LMA-PM, SINGLE-MODE PM Photonic crystal FIBER) буде мати ряд переваг: велика поверхнева площа: структура фотоннокристалічного волокна зазвичай створює більшу поверхневу площу волокна, що збільшує чутливість гіроскопа; контроль моди світла: можливість контролювати властивості моди світла, такі як поляризація, є важливим для оптимізації продуктивності гіроскопа; менші втрати світла: фотоннокристалічне волокно забезпечує менші втрати світла, що важливо для збереження сигналу на довгих відстанях (котушка); покращена термостабільність: фотоннокристалічні волокна володіють підвищеною термостабільністю в порівнянні з традиційними волокнами; зменшення шуму оптичного випромінювання, що дає більшу точність в порівнянні з існуючими аналогами; відсутня залежність від довжини хвилі, що значно зменшує вартість джерел випромінювання; відсутня залежність від механічного впливу на оптичне волокно, не важливі радіуси згинів та чітке намотування на котушку. Все вище перераховане, дає можливість стверджувати про високий науковий рівень роботи в цілому.

#### Значимість та практичне застосування

Основна ідея проекту полягає у створенні оптоволоконного модуля (гіроскопу) для інформаційно-керуючих систем техніки військового та космічного призначення. Розміри та вага модуля мають задовольняти вимогам до ВОГ, якими оснащуються танки, ракети, літаки, морські судна та безпілотні літальні апарати (БПЛА).

Для зменшення масо-габаритних параметрів модуля пропонується використання в якості



хвилеводу фотонно-кристалічного оптичного волокна, що також сприятиме підвищенню точності вимірювання кутової швидкості об'єкта. Крім цього, фотонно- кристалічне волокно має бути менш вразливим до зовнішнього впливу: температури навколишнього середовища, вологості, що є одним з вирішальних факторів по підвищенню точності вимірювання та чутливості пристрою.

**4. «Розробка алгоритмічно-програмного забезпечення для кіберстійких інфокомунікаційних систем і мереж критичних інфраструктур»**, науково-технічна розробка, науковий керівник – Єременко Олександра Сергіївна, доктор технічних наук, професор, фінансування за весь період виконання – 1800,0 тис. грн., обсяг фінансування на 2024 р. – 900,00 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

Наукова новизна дворівневого методу ієрархічного управління чергами на основі пріоритетів та балансування полягає в тому, що в його основу покладено принцип прогнозування взаємодії для координації рішень, які отримуються на різних рівнях метода.

Новизна системи моделей балансування навантаження полягає в тому, що вони враховують при балансуванні та обмеженні трафіка пакетну швидкість та пріоритет. Наукова новизна моделі багатопотокової QoS-маршрутизації з Traffic Engineering полягає у модифікації умов балансування навантаження та критерія оптимальності маршрутних рішень із забезпеченням диференційованої якості обслуговування потоків пакетів. Наукова новизна моделі швидкої перемаршрутизації пов'язана з оновленням критерію оптимальності маршрутних рішень з реалізацією схеми facility backup.

#### Науковий рівень

Розроблено вперше метод ієрархічно-координаційного управління трафіком в кіберстійких інфокомунікаційних системах і мережах (ІКСМ) критичних інфраструктур, а саме дворівневий метод ієрархічного управління чергами на основі пріоритетів та балансування. Удосконалено систему математичних моделей, які оптимізують процеси балансування навантаження в комунікаційних мережах за рахунок управління маршрутизацією та обмеженням трафіку на границі мережі. Набула подальшого розвитку математична модель багатопотокової QoS-маршрутизації з підтримкою концепції Traffic Engineering шляхами, що не перетинаються. Удосконалено математичну модель відмовостійкої маршрутизації на основі швидкої перемаршрутизації.

#### Значимість та практичне застосування

Розроблені рішення можуть знайти практичне застосування як частина математичного та алгоритмічно-програмного забезпечення маршрутизаторів традиційних ІР-мереж, комутаторів і контролерів кіберстійких програмно-конфігурованих мереж критичних інфраструктур. Застосування запропонованих рішень доцільне на багатоядерних і багатопроекторних обчислювальних архітектурах маршрутизаторів ІКСМ, що функціонують в умовах мережних атак, кібервтрутень, одиночних і групових відмов, пов'язаних у т.ч. із компрометацією зловмисником мережного обладнання. Практична реалізація запропонованих моделей і методів дозволить підвищити масштабованість і продуктивність, забезпечити диференційовану якість обслуговування та кіберстійкість ІКСМ.

**5. «Інтелектуальна інформаційно-аналітична система діагностики вогнепальних поранень на КТ»**, прикладне дослідження, науковий керівник – Смеляков Кирило Сергійович, доктор технічних наук, професор, фінансування за весь період виконання – 2189,0 тис. грн., обсяг фінансування на 2024 р. – 1189,1 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

Розроблено перспективну інтегровану автоматизовану систему (ІАС) для виявлення, оцінювання та аналізу металевих осколків у внутрішніх органах на основі комп'ютерної

томографії (КТ). Створено математичні моделі та програмне забезпечення для високоточних методів прогнозування та оцінювання параметрів осколків, що дозволяє автоматично виявляти їх у органах та тканинах людини.

Вперше розроблено новий високоточний метод прогнозування в області тіні осколка на КТ, який враховує різноманітні деформації осколка внаслідок вибуху, тривимірний поворот осколка, а також його взаємодію з органами та тканинами тіла. Метод дозволяє досягти низької відносної похибки (1-5%) при діагностиці як великих, так і малих осколків, що важливо для медичних застосувань у разі вогнепальних поранень.

#### Науковий рівень

Розробка відповідає світовим стандартам у галузі комп'ютерної томографії, медичних зображень, машинного навчання та штучного інтелекту. Вона базується на передових досягненнях у розробці математичних моделей і методів обробки медичних зображень та автоматизації процесів діагностики.

#### Значимість та практичне застосування

Отриманий результат має велике значення для медицини, особливо в контексті бойових дій та екстреної медичної допомоги. Високоточна автоматизована діагностика вогнепальних поранень дозволяє зменшити час, необхідний для прийняття рішення під час операцій, що знижує ризики для пацієнтів і покращує ефективність медичного втручання.

Розроблені технології можуть бути інтегровані в медичні системи для автоматичного аналізу КТ-зображень в реальному часі. Це дозволить хірургам оперативно отримувати точну інформацію щодо локалізації та характеристик осколків, що, в свою чергу, підвищить точність і швидкість прийняття рішень під час операцій, зокрема у випадках тяжких поранень у бойових умовах або в екстрених ситуаціях.

**6. «Оцінка параметрів молочної та товарної худоби на основі методів машинного навчання і комп'ютерного зору»**, прикладне дослідження, науковий керівник Колісник Максим Миколайович, кандидат наук з державного управління, доцент, фінансування за весь період – 2097,69 тис. грн., обсяг фінансування на 2024 р. – 1128.730 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

Розроблено систему для автоматизованого вимірювання параметрів молочної та товарної худоби, яка усуває суб'єктивність оцінок та підвищує точність моніторингу здоров'я і продуктивності тварин. Використання методів машинного навчання та комп'ютерного зору дозволяє тваринникам коригувати раціон та режим для покращення результатів. Новизна полягає в інтеграції технологій для автоматизованого моніторингу та корекції стану тварин, що підвищує ефективність і точність. Розробка відповідає міжнародним стандартам і забезпечує значну економічну вигоду, підвищуючи продуктивність молока та м'яса, зменшуючи витрати на корм та оптимізуючи витрати.

#### Науковий рівень

Результатом використання розробки є вдосконалення та прискорення процесу вимірювання параметрів тварин, підвищення точності результатів оперативного оцінювання параметрів тварини внаслідок усунення суб'єктивності. На основі даних від системи фахівці-тваринники зможуть вносити індивідуальні зміни до раціону та добового режиму тварин. Це підвищить продуктивність праці, ефективність кормових витрат та ступінь автоматизації тваринницької галузі та фермерських господарств загалом.

#### Значимість та практичне застосування

Попит на молочну продукцію швидко зростає через експоненційне зростання населення, що призводить до більшої співпраці між молочним сектором та науковими установами для досягнення визначених ООН Цілей сталого розвитку (ЦСР). Цей проект узгоджується з «Нульовим голодом» (ЦСР 2), оскільки він спрямований на моніторинг стану та здоров'я корів і

має на кінцевій меті виробляти більш здорові м'ясні та молочні продукти, вирішуючи глобальну проблему відсутності продовольчої безпеки.

Прогнозований економічний ефект від впровадження результатів НТР це збільшення обсягів виробництва до  $\approx 5\%$  приросту живої ваги корів та до  $\approx 8\%$  надоїв молока. У перерахунку на надходження до державного бюджету (при умові загального впровадження наукової розробки на 1939 зареєстрованих агрофермерських молочних підприємств підприємствах) у вигляді 6% податку додаткового прибутку на додану вартість з продажу молока орієнтовно становитиме  $0,08\% \cdot 14 \text{ грн/л} \cdot 435,4 \text{ тис. тон} \cdot 0,06\% \approx 29,26 \text{ млн. грн.}$  на рік (14 грн/л – середня відпускна ціна молока господарств по Харківській обл.).

Наукова розробка допоможе зменшити товарні збитки (надоїв молока, ваги товарної худоби) та частково вирішити проблеми кадрового дефіциту фахівців тваринницького господарства у післявоєнний час відновлення економіки України. Розробка дасть можливість прискорити виробничі процеси навіть при зменшенні штату працівників.

Складність налагодження моделей ідентифікації тварин виправдовується відносно низькою вартістю розроблюваної системи, її простотою, варіантністю конфігурації технічних засобів та надійністю в експлуатації.

### **Основні наукові результати НДР за усіма науковими дослідженнями і розробками, виконання яких розпочалося, або продовжилося у 2024 році**

**1. «Система асистованого супроводу динамічних об'єктів»**, прикладне дослідження, науковий керівник – Коваленко Андрій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, фінансування за весь період виконання – 2426,34 тис. грн., обсяг фінансування на 2024 р. – 402,34 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

Наукова цінність отриманих результатів полягає у проведенні порівняльного аналізу існуючих технологічних засобів для супроводу людей із порушеннями зору, запропонованій класифікації існуючих технологічних засобів для людей із порушеннями зору, а також оглядом та теоретичним обґрунтуванням апаратної бази, необхідної для створення системи «бачення» навколишнього середовища на основі комплементарних даних у задачах розпізнавання рухомих об'єктів системою інтелектуального асистування людям із вадами зору. Компенсувати обмеження окремих сенсорів та надати повніше розуміння сцени можливо за рахунок інтеграції різномодульних джерел інформації – Multisensor Fusion підхід, зокрема камер з – високою роздільною здатністю, які надають деталізоване зображення сцени, та лідарів, що забезпечують точне вимірювання відстані й побудову тривимірної моделі простору. Крім того, запропоновано метод визначення умов навколишнього середовища на основі результатів оцінки якості детектування об'єктів існуючими детекторами на основі штучного інтелекту, для чого було проведено дослідження на власному зібраному та розміченому тестовому датасеті, отриманому в умовах поганої видимості на низькопродуктивну відеокамеру. Проведене дослідження довело необхідність донавчання базової моделі YOLOv11, бо моделі YOLO (особливо легкі версії, як YOLOv11n і YOLOv11s) мають знижену точність (mAP, IoU) за наявності недостатнього освітлення або атмосферних перешкод (туман, дощ, сніг). Великі моделі (як YOLOv11x) забезпечують більш високу точність, але мають низьку продуктивність (FPS), що унеможлиблює роботу в реальному часі на малопотужному обладнанні. Таким чином, використовувати будь-яку версію моделі YOLOv11 в чистому вигляді неможливо у межах системи асистування для людей із вадами зору.

#### Значимість та практичне застосування

Дослідження в цілому є теоретично актуальним, та має практичне значення для застосувань в секторі медичної реабілітації та соціальної інтеграції: дозволяє компенсувати



обмеження, пов'язані з втратою зору за допомогою інноваційних рішень, що забезпечують навігацію, орієнтацію та доступ до інформації при переміщенні користувача на вулиці при змінних умовах навколишнього середовища.

**2. «Адаптивний бегінг гібридних систем обчислювального інтелекту на основі оптимального за швидкодією онлайн навчання»**, фундаментальне дослідження, науковий керівник – Бодянський Євгеній Володимирович, доктор технічних наук, професор, фінансування за весь період виконання – 2400 тис. грн (планове), обсяг фінансування на 2024 р. – 640,000 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

Розроблено архітектуру нелінійної бегінгової системи, що містить ансамбль паралельно працюючих гібридних систем обчислювального інтелекту та адаптивну метамодель, яка у онлайн режимі «зважує» виходи усіх членів ансамбля та синтезує оптимальний результат, який, як доведено математично, є кращим у порівнянні з результатами усіх членів ансамбля. За суттю метамодель є нео-фаззі системою, що налаштовується у режимі реального часу. Було розроблено оптимальний за швидкодією градієнтний алгоритм навчання (на основі модифікованої процедури Ерроу-Гурвіца-Удзави) та доведена його збіжність. На відміну від відомих алгоритмів навчання введена процедура додатково забезпечує незміщеність кінцевого результату у ймовірнісному сенсі.

#### Науковий рівень

Особливістю введеного методу побудови метамоделі є те, що вона призначена для роботи за умов суттєвої нестаціонарності та короткої навчальної вибірки, завдяки своїй оптимальній швидкодії. Паралельно з налаштуванням своїх параметрів введена метамодель у онлайн режимі оцінює рівні нечіткої належності (у сенсі Л. Заде, Б. Коско) кожного з членів ансамбля до оптимального результату, що дозволяє неперервно вирішувати задачу раннього діагностування виникаючих розладнань. Отримані наукові результати відповідають світовому рівню досліджень у галузі обчислювального інтелекту, не поступаються як у теоретичному, так і практичному планах результатам як закордонних так і українських колег, що підтверджується публікаціями у рейтингових закордонних виданнях та матеріалах міжнародних наукових конференцій.

За результатами етапу НДР опубліковано 24 наукові праці: 1 монографія англійською мовою за кордоном; 4 статті у журналах, що індексуються наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science Core Collection (1 у виданні 1 квартилю, 2 у виданнях 2 квартилю); 8 доповідей у збірниках, що індексуються наукометричними базами даних Scopus або Web of Science Core Collection; 1 стаття у фаховому виданні України категорії «А»; 4 статті у фахових виданнях України категорії «Б»; 6 публікацій у матеріалах конференцій в Україні.

#### Значимість та практичне застосування

Отримані результати після необхідних апробацій та адаптацій можуть бути використані у спеціалізованих (військових) системах спостереження за рухомими об'єктами (наземними, морськими, повітряними), що дозволить підвищити ефективність систем спостереження та розпізнавання об'єктів, які представлені у вигляді обмежених масивів відеоінформації, тощо. Наразі ведеться впровадження отриманих результатів у межах проєкту за Рамковою програмою Європейського Союзу з досліджень та інновацій «Горизонт 2020» – «Deep Intelligent Optical and Radio Communication Networks (DIOR)» #101008280, де результати НДР були використані при побудові зворотних нейро-фаззі моделей ультраширококутних оптичних ліній зв'язку.

**3. «Розробка принципів мультипараметричної оцінки стану водних об'єктів електрохімічними, хемі- та електрохемілюмінесцентними методами»** – фундаментальне дослідження, науковий керівник – Жолудов Юрій Тимофійович, доктор фізико-математичних наук, професор, фінансування за весь період виконання – 3289,1 тис. грн., обсяг фінансування на

2024 р. – 881,120 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

Отримані результати досліджень показали перспективність використання анодного стріпінг-аналізу для детектування важких металів (кадмій, свинець, мідь, ртуть) у водних пробах. Розроблені та виготовлені нові типи електродів з неіржавної сталі. Виявлено можливість та перспективність застосування цих електродів для електрохемілюмінесцентного аналізу з системою люмінол/пероксид водню та з системами на основі трисбіпіридилного комплексу рутенію.

#### Науковий рівень

Результати наукового дослідження мають високий науковий рівень та відповідають сучасним вимогам. Отримані результати підтверджують гіпотези про ефективність запропонованих в проєкті електроаналітичних методик та електродних матеріалів для мультипараметричної оцінки вмісту важких металів у водних об'єктах. Електрохімічні та електрохемілюмінесцентні дослідження проводились відповідно до найсучасніших наукових методик та з використанням передового наукового обладнання.

#### Значимість та практичне застосування

Значимість результатів полягає у створенні інноваційної технології визначення важких металів у водних об'єктах, що особливо важливо для екологічного моніторингу та очищення. Отримані результати можуть бути використані для забезпечення екологічної безпеки та для подальших досліджень у галузі екології та аналітичної хімії. Практична цінність також полягає у розробці методичного забезпечення для аналізу забруднення водних об'єктів під час військових дій.

**4. «Керування захищеними хаотичними системами оптичного зв'язку, телеметрії та управління безпілотними апаратами»**, прикладне дослідження, науковий керівник – Курський Юрій Сергійович, доктор фізико-математичних наук, професор, фінансування за весь період виконання – 3600 тис. грн, обсяг фінансування на 2024 р. – 1200,0 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

У рамках виконання етапу отримано наступні результати.

- Розроблено фізико-математичну модель генерації та керування хаотичним режимом лазера та систему керування режимами лазерної генерації.
- Сконструйовано лазерний модуль з змінними режимами генерації та проведено математичні та фізичні експерименти.
- Виконано фізико-математичне дослідження сценаріїв початку хаотичної лазерної генерації.
- Виконано аналіз напівкласичних лазерних рівнянь та отримані рівняння хаотичної генерації, доповнені компонентами, що описують флуктуацію компонент керуючого параметра, параметрів лазера та зовнішніх факторів.
- Запропоновано визначення «прецизійної хаотичної лазерної генерації» як генерації лазерного випромінювання, динаміка якого класифікується як хаотична, визначається параметрами із заданою точністю і є відтворюваною в межах фазового портрета. Введено поняття еталонного фазового портрета, що відповідає генерації із заданими параметрами.
- Запропоновано визначення «хаотичних мод», як набору характеристик коливальної системи, стійких, помітних і відтворюваних типів хаотичних коливань, а також спосіб оцінки кількості мод і їх позначення.
- Запропоновано спосіб модуляції енергії накачування із застосуванням ланцюга Чуа, що є генератором хаотичних сигналів. Доведено, що керування параметрами ланцюга може розглядатися як варіант керування лазерними хаотичними модами.
- Розроблено модель прецизійного управління хаотичною лазерною генерацією, що

дозволяє забезпечити генерацію хаотичних лазерних мод з можливістю вимірювання та контролю параметрів лазерного випромінювання та хаотичної динаміки на основі контролю малих змін керуючих параметрів та факторів впливу.

#### Науковий рівень

Основна ідея проекту полягає в розвитку захищених високошвидкісних систем оптичного зв'язку, керування та телеметрії, в тому числі, безпілотних апаратів військового призначення, на основі оптичного хаосу.

Мета проекту – створення фізико-математичних, експериментально підтверджених, засад прецизійного керування хаотичною лазерною генерацією та синхронізацією групи лазерів як основи оптичних систем хаотичного зв'язку (ОСХЗ), управління та телеметрії з високими показниками захищеності та швидкості передачі даних.

Розвиток високошвидкісної та захищеної системи зв'язку, побудованої на нових фізичних принципах має значення як для розвитку телекомунікаційної галузі так й для підвищення безпеки та обороноздатності країни. Технології ОСХЗ мають перспективи впровадження у військові системи зв'язку, а також керування та отримання телеметрії військової техніки, зокрема безпілотними апаратами. Принципи ОСХЗ були запропоновані науковцями дослідного центру ВМС США та сьогодні розвиваються фахівцями провідних країн світу. В Китаї вже створені та тестуються прототипи таких систем.

Крім значення для обороноздатності країни реалізація проекту, з одного боку, сприятиме розвитку сучасного теоретичного та прикладного фізичного напрямку, з другого боку сприятиме розвитку в країні сучасних технологій подвійного призначення та досягнення світового рівня створення перспективних систем зв'язку високого рівня захисту.

#### Значимість та практичне застосування

Реалізація проекту та подальше впровадження у практику її результатів сприятиме підвищенню обороноздатності країни, захисту інформації державних установ, сприятиме розвитку сучасних напрямків оптоелектронної та телекомунікаційної галузей, підтримає високий рівень вітчизняної теоретичної та прикладної фізики, приладобудування та радіоелектроніки. Проект завершено. Розробка потребує продовження з метою переходу до практичної реалізації захищеного каналу зв'язку, побудованої на нових фізичних принципах.

**5. «Розробка обчислювальних методів виявлення об'єктів з близьконульовим та локально незмінним рухом оптико-електронними засобами»**, науково-технічна розробка, науковий керівник – Хламов Сергій Васильович, кандидат технічних наук, фінансування за весь період виконання – 2,400,000 тис. грн., обсяг фінансування на 2024 р. – 800,000 тис. грн.

#### Отриманий науковий результат його новизна

Вперше авторами проекту був виділений окремий клас рухомих об'єктів, що мають близьконульовий видимий рух під час спостереження на серії цифрових кадрів. Проведено систематичний огляд наукових публікацій і технічної документації, присвячених виявленню об'єктів з близьконульовим та локально незмінним рухом. Побудовано математичні моделі, що відображають реальні умови експлуатації оптико-електронних систем, включаючи вплив шумів, нестабільності освітлення та фонових об'єктів. Проведено чисельні експерименти для оцінки ефективності існуючих методів виявлення. Сформульовано рекомендації щодо вдосконалення існуючих підходів і розробки нових алгоритмів. Запропоновано інтегрувати методи попередньої обробки, формування типової форми і адаптивні алгоритми для підвищення точності та швидкості виявлення об'єктів. Ці результати створюють базу для подальших етапів роботи, орієнтованих на практичну реалізацію обчислювальних методів у реальних оптико-електронних системах.

#### Науковий рівень

Результати дослідження першого етапу НДР були апробовані на міжнародних

конференціях International Conference on Advanced Computer Information Technologies, International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems, International Scientific Conference «Information Control Systems and Technologies», Gamow International Conference: «Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, astroparticle physics, radio astronomy, astrobiology and genetics», International Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» та науково-технічній конференції «Поліграфічні, мультимедійні та web-технології». Загалом було опубліковано 27 публікацій, з них: 4 розділи монографій (1 проіндексована у Scopus), 11 статей у міжнародних журналах та фахових виданнях України (8 проіндексовані у Scopus та/або Web of Science), 9 тез міжнародних конференцій (2 проіндексовані у Scopus та/або Web of Science) та 3 свідоцтва про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму.

#### Значимість та практичне застосування

Ідея науково-дослідної роботи полягає в можливості модернізації та використанні програмного забезпечення (ПЗ) CoLiTec як ПЗ дешевих автоматичних оптико-електронних засобів ефективної багатоклієнтської мережі виявлення та спостереження за ракетами, низькоорбітальними супутниками та БПЛА. Розробка такого ПЗ завжди була актуальною. Все це можна використати після модифікації сталого ПЗ CoLiTec як платформи для розробки та адаптувати під вимоги та умови спостереження для виявлення ракет, низькоорбітальних супутників та БПЛА. Таким чином, можна створити ефективну багатоклієнтську мережу виявлення та спостереження базуючись на дешевих автоматичних оптико-електронних засобах та модифікованого ПЗ.

### **III Відомості про наукову, науково-технічну та інноваційну діяльність студентів, молодих учених, у тому числі про діяльність Ради молодих учених та інших молодіжних структур**

При університеті функціонує Наукове товариство молодих учених (НТМУ) для забезпечення представництва, захист прав та інтересів молодих учених, які навчаються або працюють в університеті. Керівним органом НТМУ є Рада молодих учених, до якої входять представники наукових секцій факультетів.

На кінець 2024 року кількість молодих вчених, які є штатними співробітниками або аспірантами чи докторантами університету, нараховує 415 осіб. Серед них докторів наук – 1, кандидатів наук – 25, аспірантів – 327, докторантів – 4.

| Рік  | Кількість студентів, які займаються науковою, науково-технічною та інноваційною діяльністю по відношенню до загальної їх кількості (те саме у відсотках) | Кількість молодих учених, які працюють у закладі вищої освіти по відношенню до загальної кількості наукових та науково-педагогічних працівників (те саме у відсотках) | Відсоток молодих учених, які продовжують наукову, науково-технічну та інноваційну діяльність у закладі вищої освіти після закінчення аспірантури |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020 | 1122 (23,7%)                                                                                                                                             | 287 (37,5%)                                                                                                                                                           | 39,9%                                                                                                                                            |
| 2021 | 2352 (24,5%)                                                                                                                                             | 279 (43,9%)                                                                                                                                                           | 45,7%                                                                                                                                            |
| 2022 | 1481 (18%)                                                                                                                                               | 246 (40,1%)                                                                                                                                                           | 36,6%                                                                                                                                            |
| 2023 | 859 (10,9%)                                                                                                                                              | 430 (73,1%)                                                                                                                                                           | 10,01%                                                                                                                                           |
| 2024 | 770 (11,91%)                                                                                                                                             | 415 (68%)                                                                                                                                                             | 13,3%                                                                                                                                            |

#### **IV Основна дослідницька інфраструктура, їх напрями діяльності, робота із замовниками**

Науково-дослідна інфраструктура університету має дворівневу архітектуру. До нижнього рівня входить 25 кафедральних лабораторій, тобто лабораторій, які структурно відносяться до складу кафедр і забезпечують навчальний і науково-дослідницький процес у руслі кафедральних наукових напрямів. Лабораторії верхнього рівня входять до складу Науково-дослідної частини (НДЧ) університету і орієнтовані перш за все на проведення наукових досліджень і науково-технічних розробок.

До складу НДЧ входять:

##### ***Центр колективного користування науковим обладнанням (ЦККНО)***

«Дослідницький центр лазерних та оптоелектронних технологій», призначений для проведення досліджень за наступними напрямками:

Пріоритетні напрями оборонної тематики:

- лазерні та оптоелектронні технології, системи та прилади;
- радіолокація, радіомоніторинг та супутникова навігація;
- оптичні та радіолокаційні системи спостереження за повітряними об'єктами та системи траєкторних вимірювань;
- системи виявлення та ідентифікації радіовипромінюючих об'єктів;
- системи комплексної обробки оптичних, радіолокаційних та акустичних сигналів в умовах дії завад;
- електромагнітна сумісність і захист радіоелектронних засобів від електромагнітного випромінювання.

Пріоритетні напрями цивільної тематики:

- промислові системи з використанням лазерних та оптоелектронних технологій різноманітного призначення;
- технології виготовлення полімерних друкарських форм, та технології флексографського друку;
- системи і технології «технічного зору».

##### ***Проблемна науково-дослідна лабораторія автоматизованих систем управління (ПНДЛ АСУ).***

В рамках наукового напрямку ПНДЛ АСУ «Гібридні системи обчислювального інтелекту для аналізу даних, обробки інформації і керування» у 2023 р. виконувалось 2 НДР під керівництвом д.т.н., проф. Бодяньського Є.В.:

1. № 342 «Розробка методів та алгоритмів комбінованого навчання глибинних нейро-нео-фаззі систем за умов короткої навчальної вибірки».

Отримано такі наукові результати:

Створено новий клас гібридних систем обчислювального інтелекту – глибинні стекові каскадні нейро-нео-фаззі системи, що відрізняються від відомих відмовою від традиційних нейронів, традиційних feedforward архітектур, зворотного поширення похибок. Розроблені глибокі гібридні системи дозволяють розв'язувати задачі інтелектуального аналізу даних – Data Mining: емуляції, апроксимації-екстраполяції (прогнозування), класифікації-кластеризації – розпізнавання образів (зображень), тощо при меншому рівні апіорної інформації у порівнянні з відомими системами.

Створено новий швидкісний підхід до налаштування запропонованих глибинних стекових каскадних нейро-нео-фаззі систем – комбіноване навчання, що включатиме одночасне використання контрольованого навчання, самонавчання, лінивого навчання, активного навчання, екстремального навчання, тощо, що дозволяє отримати максимальний обсяг інформації з



навчальних вибірок з оптимальною швидкістю.

2. № БФ/21-2021 від 04.08.2021 р. на Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Математичні науки та природничі науки» Харківського національного університету радіоелектроніки.

Отримано такі наукові результати:

Запропонований F-нейрон в якості вузлів глибоких нейронних мереж та нейро-фаззі систем, що забезпечує покращені апроксимаційні можливості, не потерпаючи від небажаних ефектів «зникаючого» та «вибухаючого» градієнтів. Також введено у розгляд алгоритми його навчання з додатковими регуляризуючими властивостями, що забезпечують підвищену швидкість збіжності.

Отримані наукові результати використовуються в освітньому процесі в лекційних курсах «Обчислювальний інтелект», «Глибине навчання нейронних мереж», «Штучні нейронні мережі: архітектури, навчання, застосування», «Нейро-фаззі системи та еволюційні алгоритми», «Нечіткі моделі та методи аналізу даних», при виконанні дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора наук та доктора філософії, магістерських атестаційних робіт.

h-індекс наукового керівника Бодяньського Є.В. 2, загальна кількість цитувань 1386.

Отримано грант «Інформоване машинне навчання: системи глибокого навчання з експертними знаннями» (Великобританія), результати якого використовуються при виконанні проєкту Горизонт 2020 «Deep Intelligent Optical and Radio Communication Networks».

**Науково-дослідний центр інтегрованих інформаційних радіоелектронних систем і технологій (НДЦ НІРЕСТ)** до складу якого входять:

- ПНДЛ радіомоніторингу і обробки радіотехнічної інформації (РМОПТІ);
- ПНДЛ електронних та нетрадиційних енерготехнологій (ЕНЕТ);
- ПНДЛ «Радіолокаційних систем спостереження» (РЛСС);
- ПНДЛ супутникових технологій навігації та високоточного позиціонування (СТНВП).

Ці лабораторії повністю задіяні у виконанні наукових досліджень і розробок.

В ПНДЛ РМОПТІ налагоджені зв'язки з вищими навчальними закладами Китайської народної республіки: Харбінським інженерним університетом, Південним науково-технічним університетом, Шеньчженським технологічним університетом, Циндаоським університетом КНР, Дальнянським технологічним університетом. нженерного університету.

**Кафедральні лабораторії** також здійснюють вагомий внесок у науково-дослідницьку діяльність університету.

Зокрема, при кафедрі фізичних основ електронної техніки функціонує науково-дослідна лабораторія «Фотоніка». Напрями діяльності: оптоелектронні системи та фотонні прилади; конструювання та використання лазерів для вирішення промислових, інформаційних та медичних завдань; технології розпізнавання образів; нелінійні та хаотичні процеси в складних системах, топологічна фотоніка.

ННДЛ «Електроніка-Оріон». Напрями діяльності: фізика процесів у системах частинок з електромагнітною взаємодією; нелінійні явища, нестійкості і динамічний хаос; обчислювальний експеримент в електродинаміці, мікрохвильовій електроніці і фотоніці; застосування мікрохвильових технологій у медицині і техніці; автоматизація вимірювань в наукових дослідженнях.

Навчально-наукова лабораторія «Цифрових технологій»: розвиток сучасних інформаційних технологій в галузі освіти та економіки, цифрових послуг; дослідження та впровадження ефективних методів викладання цифрових технологій; дослідження ефективності

та продуктивності використання цифрових технологій у сфері розвитку цифрових компетентностей громадян.

## **V Основна інноваційна інфраструктура їх напрями діяльності, робота із замовниками**

### ***Науковий парк «Синергія»***

«Синергія» – перший ліцензований парк в Україні. Він розташований у Харкові на базі університету радіоелектроніки, займає площу у 1500 квадратних метрів і включає 20 аудиторій, обладнаних за останнім словом техніки, лабораторію віртуальної реальності та робототехніки, а також кінотеатр.

Науковий парк «Синергія» фінансується за рахунок державних грантів, приватних інвестицій та спонсорських внесків від технологічних компаній, зацікавлених у розвитку інноваційної освіти та наукових досліджень.

Науковий парк має 20 аудиторій, які обладнані сучасною технікою:

- ІMac аудиторії;
- Windows аудиторії;
- аудиторії з інтерактивними столами і шоломами VR;
- лабораторія робототехніки;
- кінотеатр;
- конференц зал;
- кафе та ігрова зона.

Основна мета парку – надання якісної освіти в галузі ІТ, підтримка стартапів, а також створення середовища для професійного спілкування та розвитку інноваційних проєктів.

Завдяки інтегрованому підходу, парк "Синергія" став місцем, де новатори можуть реалізувати свої ідеї в короткі терміни, отримати професійну освіту, а також знайти однодумців та інвесторів. Учасники парку успішно запускають стартапи, які знаходять визнання на національному та міжнародному рівнях, що підтверджується численними винагородами та грантами.

## **VI Наукове та науково-технічне співробітництво із закордонними організаціями**

Протягом 2024 року ХНУРЕ значно підсилив міжнародне співробітництво, незважаючи на виклики, спричинені глобальними та регіональними кризами, включаючи повномасштабну війну в Україні. Університет продовжив активну взаємодію з іноземними навчальними та науковими установами, особливо у сферах радіоелектроніки, телекомунікацій, інформаційних технологій та обчислювальної техніки.

Загалом, станом на 2024 рік ХНУРЕ здійснює міжнародне співробітництво із 69 зарубіжними вищими навчальними закладами та організаціями. Укладені угоди у 2024 році у сфері науково-навчальної діяльності:

Університет активно використовував онлайн платформи для підтримання наукового діалогу та обміну досвідом, проводячи онлайн-тренінги та вебінари з міжнародними партнерами. Це не лише дозволило підтримувати активність наукового співробітництва під час обмежень, пов'язаних з пандемією COVID-19, а й сприяло збереженню міжнародної присутності університету під час військових дій на території України.

| Країна-партнер<br>(в алфавітному<br>порядку) | Установа партнер                         | Тема<br>співробітництва                                     | Документ, в рамках<br>якого здійснюється<br>співробітництво,<br>термін його дії         | Практичні результати<br>від співробітництва                                                                                    |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ізраїль                                      | Larch Networks LTD                       | Науково- технічна,<br>навчальна,<br>виробнича<br>діяльність | Договір з внутрішнім<br>номенклатурним<br>номером 376/24-1                              | Спільні наукові<br>дослідження,<br>написання спільних<br>статей, проведення<br>спільних конференцій,<br>академічна мобільність |
| Литовська<br>Республіка                      | Vilniaus Kolegija                        | Академічна<br>мобільність та<br>наукова співпраця           | Договір з внутрішнім<br>номенклатурним<br>номером 440/24-1                              | Спільні наукові<br>дослідження,<br>написання спільних<br>статей, проведення<br>спільних конференцій,<br>академічна мобільність |
| Республіка<br>Чехія                          | ПУАНА ООО                                | Академічна<br>мобільність та<br>наукова співпраця           | Договір з внутрішнім<br>номенклатурним<br>номером 203/24-1                              | Спільні наукові<br>дослідження,<br>написання спільних<br>статей, проведення<br>спільних конференцій,<br>академічна мобільність |
| Республіка<br>Чехія                          | The Extreme Light<br>Infrastructure ERIC | Науково- технічна,<br>навчальна,<br>виробнича<br>діяльність | Договір з внутрішнім<br>номенклатурним<br>номером 203/24-3                              | Спільні наукові<br>дослідження,<br>написання спільних<br>статей, проведення<br>спільних конференцій,<br>академічна мобільність |
| Республіка<br>Чехія                          | The Extreme Light<br>Infrastructure ERIC | Науково- технічна,<br>навчальна,<br>виробнича<br>діяльність | Меморандум про<br>взаєморозуміння з<br>внутрішнім<br>номенклатурним<br>номером 203/24-2 | Спільні наукові<br>дослідження,<br>написання спільних<br>статей, проведення<br>спільних конференцій,<br>академічна мобільність |

Загалом, незважаючи на складні умови, ХНУРЕ продемонстрував здатність адаптуватися до нових реалій та ефективно розвивати міжнародні наукові та освітні зв'язки, що відображає стратегічне бачення університету щодо інтернаціоналізації наукової діяльності.

#### Протягом 2024 року у ХНУРЕ виконувалися наступні грантові угоди:

| Країна-партнер  | Установа-партнер   | Тема наукового гранту/проекту | Програма або проєкт                                                | Практичні результати від співробітництва                                                                                                                           |
|-----------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Велика Британія | Університет Воріка | Навчальний грант              | REWARD: Radio Electronics– Warwick Allied Research and Development | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |

|                   |                                                             |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Європейський Союз | Університет Генуї                                           | Досліджується проблематика посилення співпраці закладів вищої освіти з громадами                                                   | Програма ERASMUS+ Проект № 101083077 – UNICOM – Universities Communities: strengthening cooperation                                                                     | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Досліджується роль цифрових інновацій для здійснення перетворень                                                                   | Програма ERASMUS+ № 101047751 – ERASMUS-JMO-2021-MODULE: Ukraine - EU: Digital innovations making connections for changes                                               | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Досліджуються проблеми етики штучного інтелекту, правила створення наборів даних, які дозволяють уникнути упередженості моделей ШІ | Програма ERASMUS+ № 101047552 ERASMUS-JMO-2021-MODULE EU i/c AI policy: European approach in charge of ethical, legal and socio-economic artificial intelligence policy | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Досліджується європейський досвід з питань забезпечення стійкості критично важливих об'єктів в Україні                             | Програма ERASMUS+ Проект № 101085825 - ERASMUS-JMO-2022-MODULE, «The European experience for enhancement the resilience of critical entities in Ukraine                 | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Досліджуються питання, пов'язані з впровадженням 5G мереж в Україні                                                                | Програма ERASMUS+ Проект №101085608 Application of EU toolbox and frameworks of 5G networks for Ukraine)                                                                | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | Вроцлавська Політехніка                                     | Досліджується проблематика створення спільного інформаційного простору програм віртуального обміну                                 | ERASMUS+ № 101083883 – MOVEx - ERASMUS-EDU-2021-VIRT-EXCH Development of the Model and Common Information Space of Virtual Exchange Programs                            | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях,                     |

|                   |                                                             |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                                             |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                   | форумах, виставках.                                                                                                                                                |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Досліджуються підходи і рішення щодо циклічної економіки та проблематика створення розумних та стійких міст                               | Програма ERASMUS+ № 101127659 – DEAPEPL-ERASMUS-JMO-2023-MODULE: Ukraine-EU: Circular Economy solutions 4 Smart and Sustainable Cities                                                                                            | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | Університет Тампере                                         | Досліджуються питання застосування глибоких інтелектуальних мереж в системах оптичного та радіозв'язку                                    | Horizon 2020 № 101008280 DIOR: Deep Intelligent Optical and Radio Communication Networks                                                                                                                                          | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Досліджуються європейські програми зі створення наукоємних продуктів та найкращі практики впровадження наукових рішень в якості продуктів | Програма ERASMUS+ № 101127373 - RI4business – European experience in performing of research and innovation for business development                                                                                               | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Досліджуються шляхи популяризації цифрової освіти в Україні та інших країнах для зміцнення політичного лідерства ЄС                       | Програма ERASMUS+ № 101127076 – ERAS-MUS-JMO-2023-HEI-TCH-RSCH Development of the Digital Education Action Plan Popularisation Ways in Neighbour Countries for Strengthening the EU Political Leadership                          | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | ЕСАМ-ЕРМІ, Сержі-Понтуаз                                    | Досліджується проблематика створення комплексної програми підготовки підприємців в галузі штучного інтелекту.                             | № проекту: 2021-1-FR01- KA 220-HED-000032254 Партнерська угода Erasmus+/ KA2 проект партнерської співпраці. JoInt Multidisciplinary training program on Entrepreneurship in the field of artificial intelligence for industry 5.0 | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | Університет Ювяскюля                                        | Дослідження методів академічної протидії гібридним загрозам                                                                               | 610133-EPP-1-2019-1-FI-EPPKA2-CBHE-JP Academic Response to Hybrid Threats                                                                                                                                                         | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у                                               |



|                   |                                                             |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                                             |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                | міжнародних конференціях, форумах, виставках.                                                                                                                      |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Дослідження шляхів інтеграції системи кібербезпеки ЄС і політики в Україні                                                    | 621250-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO<br>Integrating the EU cybersecurity framework and policies in Ukraine                                                                            | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Забезпечення стійкості та інтерналізації для сприяння модернізації вищої освіти закладів- новачків у сусідніх східних країнах | 101129029 - ERASMUS- EDU-2023-CBH<br>Sustainability and Internationalization capacities to promote modernisation of Newcomers Higher Education in Neighbourhood East Countries | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | University of Zagreb                                        | Підтримка європейських досліджень і розробок через співпрацю зацікавлених сторін та інституційну реформу                      | 101136775 HORIZON-WIDERA-2023-ACCESS-03<br>Supporting European R&I Through stakeholder collaboration and institutional reform                                                  | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Інтеграція перспективної екосистеми кібербезпеки ЄС в Україні                                                                 | 101177024 - ERASMUS- JMO-2024-HEI-TCH-RSCH<br>Integrating the future-proof EU cybersecurity ecosystem in Ukraine                                                               | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Дослідження можливостей реалізації навичок в галузі штучного інтелекту                                                        | 101056236 - ARISA - ERASMUS-EDU-2021-PI-ALL-INNO<br>Artificial Intelligence Skills Alliance                                                                                    | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |

|                   |                                                             |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Європейський Союз | The European Education and Culture Executive Agency (EACEA) | Освітній центр з питань безпеки для забезпечення резильєнтності та ефективних комунікацій                                                                | 101179818 — SECURE Erasmus + KA2 project Security Education Center for Unified Resilience and Effective Communications                                           | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |
| Європейський Союз | Університет Миколаса Ромеріса (MRU)                         | Досліджується роль державних службовців у впровадженні циркулярної економіки: Впровадження мислення про циркулярну економіку у вищих навчальних закладах | 101179344 - PubCirEco - ERASMUS-EDU-2024- CBHE Critical role of Public Employees in Circular Economy Implementation: Embedding Circular Economy Thinking in HEIs | Розробка та викладання новітніх навчальних модулів та курсів; проведення занять, вебінарів, круглих столів; участь у міжнародних конференціях, форумах, виставках. |

## VII Розвиток матеріально-технічної бази наукових досліджень та розробок

| № з/п | Назва <i>приладу/обладнання</i> (українською мовою та мовою оригіналу), його марка, рік випуску, фірма- виробник, країна походження | Функціональне призначення                                                                                                       | Науковий(і) напрям(и) та структурний(і) підрозділ(и) для якого (яких) здійснено закупівлю <i>приладу/обладнання</i>                                 | Вартість, тис. грн |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1     | Відеокамера тепловізійна Hikvision DS-2DT2367-100/P                                                                                 | Спостереження за об'єктами у інфрачервоному діапазоні частот.                                                                   | За договором БФ/20-2021 від 04.08.2021 за напрямом «Воєнні науки та національна безпека». Кафедра Інфокомунікаційної інженерії                      | 291,5              |
| 2     | Камера відеонагляду Hikvision DS-2DT2366-100                                                                                        | Спостереження за об'єктами у видимому діапазоні частот.                                                                         | За договором БФ/20-2021 від 04.08.2021 за напрямом «Воєнні науки та національна безпека». Кафедра інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського | 326,937            |
| 3     | Камера на базі сенсора КМОН наукового рівня (англ. sCMOS) для флуоресцентної мікроскопії Leica DFC9000 GT                           | Забезпеченні високої чутливості, швидкості та роздільної здатності для детального візуалізування флуоресцентно мічених зразків. | За договором №206/02/0390 від 01.06.2021. Кафедра біомедичної інженерії                                                                             | 840,00             |

## VIII Втрати наукового потенціалу, спричинені війною

ХНУРЕ зареєстрований на території Харківської міської територіальної громади, де велися бойові дії у період з 24.02.2022 по 15.09.2022 рік, а з початком повномасштабного військового вторгнення російської федерації в Україну, перебуває фактично у зоні можливих бойових дій, що закріплено наказом Мінреінтеграції від 22.12.2022 № 309 (зі змінами). Починаючи з 24.02.2022 року навчальні корпуси, гуртожитки (м. Харків), «Багатоцільовий геофізичний комплекс для досліджень атмосфери та припливу метеорної речовини» (с. Вільхуватка Балаклійського району Харківської області) зазнали пошкоджень внаслідок ракетних та авіаударів. Університет продовжує працювати у змішаному режимі і для повноцінного відновлення функціонування університету, у тому числі геофізичного комплексу, який входить до Державного реєстру наукових об'єктів, необхідне певне обладнання.

Цифрова інфраструктура ХНУРЕ до 24.02.2022 року включала в себе мультисегментну інформаційно-комунікаційну мережу з трьома каналами доступу до мережі Інтернет з загальною пропускною здатністю 1 Гб/с, сервери віртуалізації внутрішніх сервісів, інформаційні системи наукової бібліотеки, відділу кадрів, бухгалтерії, безпроводний сегмент у всіх навчальних корпусах. У 2022 році планувався до реалізації проект розгортання безпроводного сегменту у всіх гуртожитках університету, створення волоконно-оптичної лінії передачі даних до реєстраторів даних геофізичного полігону у с. Вільхуватка Балаклійського району Харківської області.

Однак, за час повномасштабного військового вторгнення російської федерації в Україну існуюча цифрова інфраструктура була пошкоджена внаслідок ракетних ударів, аварій у енергетичних мережах міста Харків, підтоплень серверних приміщень університету, ефектів «заклинювання» жорстких дисків з подальшою їх деградацією через вібрації унаслідок вибухів ракет та авіабомб.

За даним критерієм експертно-аналітичною групою з питань ІТ університету було опрацьовано та надаються пропозиції щодо заміни обладнання у існуючих або придбання обладнання для нових вузлів цифрової інфраструктури ХНУРЕ з мотиваційними чинниками таких заходів відносно ключових відділів ХНУРЕ, які мають автономні сегменти цифрової інфраструктури.

В рамках участі ХНУРЕ в Компоненті 1 «Створення безпечних умов для організації освітнього та дослідницького процесу та його безперервності в ЗВО, що постраждали від війни, включаючи організацію дистанційного навчання та постачання обладнання для забезпечення життєдіяльності та безпеки» інвестиційного проєкту «Удосконалення вищої освіти в Україні заради результатів», який реалізується Міністерством освіти і науки України спільно з Міжнародним банком реконструкції та розвитку в університеті було розроблено

«План застосування обладнання, відповідно до бачення та стратегії розвитку Харківського національного університету радіоелектроніки». Контроль за впровадженням плану застосування обладнання, відповідно до бачення та Стратегії розвитку Харківського національного університету радіоелектроніки, реалізується шляхом роботи профільних експертно-аналітичних груп та робочих комісій, до складу яких входять відповідальні особи за напрямками функціонування університету при загальній координації профільним помічником ректора за безпосереднього контролю керівника університету.

Окремо слід виділити технічний стан «Багатоцільового геофізичного комплексу для досліджень атмосфери та припливу метеорної речовини» (далі – «БГК»), який є об'єктом Національного надбання.

1. Стан БГК може бути визначений спеціалізованою комісією з різних спеціалістів після завершення саперної обробки (експертизи) усієї території. На даний момент проведено попередню саперну обробку території, виявлено велику кількість небезпечних предметів, тричі відбувалося знищення на місці.

2. Основних збитків завдано об'єктам БГК, таким як будівлі, огорожі, лінії електропередачі, водопостачання, освітлення та антенні системи. Ушкодження не капітальні – тобто вибито вікна та двері, порушено цілісність дахів, зруйновано огорожі тощо. Серйозним руйнуванням є порушення (обвал однієї плити перекриття) даху в основному лабораторному корпусі.

3. Основна приймально-передавальна апаратура всіх радіотехнічних комплексів збережена без явних механічних пошкоджень. Оцінка її працездатності може бути проведена після комплексу профілактичних та відновлювальних робіт. Остання в даний момент неможливо зробити з об'єктивних причин.

4. Повністю заміні підлягають антенні системи всіх комплексів, які частково зруйновані або демонтовані. Заміні підлягають усі кабельні елементи антенних систем. У той же час найбільш дорогі елементи, зокрема антенні щогли (висота 33 м), відбивачі та конструктивні

елементи цілі та вимагають проведення сезонних регламентних робіт – фарбування, кріплення, тощо.

У підсумку можна сказати, що загалом об'єкт збережений як цілісний спеціалізований комплекс і може бути відновлений за досить короткі терміни. Кошторис витрат за відновлення БГК може бути оцінений спеціальною комісією, але його обсяг буде незрівнянно меншим, від очікуваного потенціалу та можливостей цього унікального комплексу.

## IX Висновки

ХНУРЕ робить значний внесок у досягнення Цілі сталого розвитку 9 – "Побудова стійкої інфраструктури, сприяння всеосяжній та сталій індустріалізації та інноваціям".

ХНУРЕ має сучасну матеріально-технічну базу, включаючи Центр колективного користування науковим обладнанням (ЦККНО) та Науковий парк "Синергія", який підтримує стартапи та інноваційні проекти.

Університет активно впроваджує інноваційні підходи, такі як моделювання нейронних мереж, машинний інтелект та високоточні експериментальні дослідження.

ХНУРЕ здійснює фундаментальні та прикладні дослідження в стратегічних галузях, таких як кіберсоціальні системи, комунікаційні технології, космічні системи спостереження та оптичні технології:

- Розробка інфокомунікаційної технології моніторингу повітряних цілей.
- Створення оптоволоконного модуля для підвищення точності систем ураження цілей.
- Алгоритми для кіберстійких інфокомунікаційних систем критичних інфраструктур.

Університет бере участь у європейських програмах, таких як Horizon Europe та Erasmus+, що сприяє обміну знаннями та впровадженню передових технологій. Співпраця з закордонними установами, наприклад, з Університетом Тампере (Фінляндія) у проекті DIOR, спрямованому на розвиток інтелектуальних оптичних та радіомереж.

При ХНУРЕ діє Рада молодих учених, яка залучає студентів та аспірантів до наукової діяльності. Науковий парк "Синергія" надає можливості для реалізації інноваційних ідей та стартапів, що сприяє розвитку підприємництва.

Незважаючи на військові дії, ХНУРЕ працює над відновленням пошкоджених об'єктів, таких як Багатоцільовий геофізичний комплекс, який є об'єктом національного надбання.

Університет розробляє плани модернізації лабораторного фонду та цифрової інфраструктури.

Розробки ХНУРЕ знаходять застосування у медицині, сільському господарстві, обороні та екології. Наприклад:

- Система діагностики вогнепальних поранень на основі комп'ютерної томографії.
- Технології моніторингу стану худоби для підвищення продуктивності тваринництва.

ХНУРЕ активно сприяє досягненню ЦСР 9 через розвиток інноваційної інфраструктури, наукові дослідження, міжнародну співпрацю та підтримку молоді. Університет не лише створює передові технології, але й забезпечує їх впровадження у різних галузях економіки, що робить його ключовим учасником у побудові стійкого майбутнього.

Проректор з наукової роботи



Юрій РОМАНЕНКОВ