

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Звіт
про наукову роботу кафедри геоінженерії
навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту
у 2024 році

Київ 2024 р

.

Узагальнена інформація про наукову діяльність кафедри геоінженерії.

Кафедра геоінженерії за результатами наукової діяльності виграла 2 проекти NATO: Science for Peace and Security Workshop (Istanbul, Turkey, October 2023 рік на тему "Critical infrastructures protection in response to terrorist attacks" та Workshop "Energy infrastructure resilience in response to war and other hazards" POLAND, Rzeszów, вересень 2024 року. Представлені сучасні методи цифрового моделювання для визначення зон небезпеки та створення систем прогнозу пошкоджень підземної інфраструктури урбанізованої території. Результати досліджень використовуються для підвищення ефективності гуманітарного розмінування та запобігання нещасним випадкам. Особлива увага приділяється вивченню можливих руйнувань підземних конструкцій та розробці алгоритмів протидії. Тобто забезпечується повний цикл розробки – від теоретичних досліджень до впровадження результатів у практику. Завдяки компетенціям та висококваліфікованим кадрам кафедра активно співпрацює з державними структурами, сектором оборони, НАТО та науковими інститутами. Впровадження сучасних підходів та розробок дає можливість створити ефективні та сучасні рішення для забезпечення безпеки. Результати мають безпосередній вплив на підвищення рівня безпеки у країні. Зокрема, наукові розробки сприяють ідентифікації потенційно небезпечних зон, що дозволяє знижувати ризики для цивільного населення. Використання програмного забезпечення кафедри в оборонному секторі дозволяє ефективно оцінювати наслідки вибухових ситуацій та формувати адекватні заходи захисту підземних конструкцій. Робота кафедри також спрямована на підготовку висококваліфікованих фахівців у сфері безпеки та розмінування, що забезпечує довготривалий вплив на розвиток галузі.

За звітний період на кафедрі геоінженерії Навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту виконується 1 держбюджетна науково-дослідна робота із загальним обсягом фінансування у 2024 році 799,0 тис. грн.; 2 міжнародних проекти із загальним обсягом фінансування у 2024 році: (НАТО) Energy infrastructure resilience in response to war and other hazards, Ко-директор Анатолій Чернявський, 1400 тис. грн. та проект U_CAN (Towards carbon neutrality of Ukrainian cities), Ко-директор Оксана Вовк, термін виконання з 01.05.2024 до 30.04.2028 (42 міс.), 13197,025 грн.

1. Підготовка наукових кадрів та інтеграція наукової роботи в навчальний процес

1.1 Підготовка кандидатів, докторів наук, PhD - захисти здобувачів ступеня доктора філософії не проводилися.

Науково-дослідна робота студентів.

На кафедрі геоінженерії діє 2 студентських наукових гуртка:

- студентський науковий гурток «Екомайнінг», кількість залучених до нього студентів становить **9** осіб;
- студентський науковий гурток «Екологічний менеджмент природоохоронної діяльності у сфері енергетики та гірництва», кількість залучених до нього студентів становить **18** здобувачів.

Кількість студентів залучених до виконання госпдоговірних і держбюджетних тем – **немає**.

Кількість публікацій та патентів, опублікованих студентами самостійно та у співавторстві – **37**.

Участь у конкурсах студентських наукових робіт брало участь **4** студенти, кількість переможців - **4 студенти**:

- здобувачка кафедри гр. ОС-01 **Наталія Болотюк** отримала **диплом першого ступеня** Лауреата Всеукраїнського конкурсу студентів і молодих вчених з міжнародною участю «ІНТЕЛЕКТ МОЛОДІ. РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА НОВІТНІ ЕНЕРГО-ЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ» на тему «Модель впливу особливих навантажень на перекриття підземної споруди, який відбувся 17-18 жовтня 2024 року в м. Києві. Ухвалено Вченою радою Навчально-наукового Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (протокол № 2 від 30.09.2024 р.);

- здобувач кафедри гр. ГС-41мп **Максим Бовкунович** здобув **1 місце** і отримав диплом Всеукраїнського конкурсу відео робіт «UNIQUE Minds for FutureTech», який проходив 2-6 грудня 2024 року на факультеті лінгвістики КПІ ім. Ігоря Сікорського (Наказ КПІ ім. Ігоря Сікорського № СсД/29.04/6423/24 від 24.12.2024 року);

- здобувач кафедри гр. ГС-41мп **Максим Бовкунович** здобув **2 місце** і отримав диплом освітньо-культурного заходу “Energy Saving Technologies”, який проходив 18-22 листопада 2024 року на факультеті лінгвістики КПІ ім. Ігоря Сікорського (Наказ КПІ ім. Ігоря Сікорського №СОД/29.04/6336/24 від 18.12.2024 року);

- здобувачка кафедри гр. ГС-41мп **Наталія Болотюк** здобула **3 місце** і отримала диплом освітньо-культурного заходу “Energy Saving Technologies”, який проходив 18-22 листопада 2024 року на факультеті лінгвістики КПІ ім. Ігоря Сікорського (Наказ КПІ ім. Ігоря Сікорського №СОД/29.04/6336/24 від 18.12.2024 року);

Здобувачка кафедри гр. ОС-11 **Вікторія ІВАНЮК** в рамках програми Еразмус+ проходить навчання у Севільському університеті, м. Севілья, Королівство Іспанія.

Студентка гр. ОС-21 **Альона САВЧЕНКО** брала участь в Perspektywy Women in Tech Summit 2024, м. Варшава. The BUP Student Conference: Changed circumstances and new threats for sustainability in the Baltic Sea Region, м. Варшава.

Науково-дослідна робота молодих учених.

У звітному році чисельність молодих учених на кафедрі геоінженерії становила **9** осіб, Литвинчук І.Д., Харченко Р.Ф., Дзьоба М.В., Горєв О.В., Остапчук А.О., Семчук Р.І., Берездецький В.Ю., Зуєвський Ю.В., у тому числі **1** доктор технічних наук до 40 років: Тверда Оксана Ярославівна. У звітному році кількість опублікованих монографій становить, всього **0**; опубліковано **3** розділи в монографіях, в тому числі **3** за кордоном, опублікованих підручників – **1** од., навчальних посібників – **0** од.; кількість опублікованих статей, усього становить **10** одиниць, з них статей у фахових виданнях категорії Б – **8** одиниць, у тому числі статей в міжнародних виданнях, що індексуються наукометричними базами даних (Scopus та/або Web of Science) – **2** одиниці, патентів на корисну модель – **2** од.

2. Основні результати наукових досліджень і розробок:

2.1. Проведення фундаментальних та прикладних досліджень, конкурентоспроможних прикладних розробок. (**держбюджет МОН**) У звітному році на кафедрі ГП виконувалися **1** держбюджетна науково-дослідна робота (№2706-п) із загальним обсягом фінансування у 2024-2026 рр. 2393,0 тис. грн. (перехідна).

Держбюджетна НДР № 2706-п (державний реєстраційний номер 0124U000912) «**Моделювання ризиків та захист від критичних впливів споруд міської підземної інфраструктури та цивільного захисту**» (навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту, керівник Гайко Геннадій Іванович), обсяг фінансування у 2024 році – 799 тис. грн.

Оцінено переваги підземних споруд як об'єктів подвійного призначення з можливістю захисту цивільного населення та критичної інфраструктури в підземному просторі. Узагальнено світовий і вітчизняний досвід використання підземних споруд як захисних об'єктів, визначено прогресивні типи і конструкції підземних захисних споруд від ударів з повітря. Розкрито способи реновації та облаштування не задіяних у транспортних та допоміжних операціях тунелів метрополітену, які можуть значно збільшити місткість сховищ цивільної безпеки та покращити умови перебування людей, а також економічно ефективні технологічні й конструктивні рішення зведення підземних споруд цивільного.

Розроблена й застосована системна методологія та інструментарій планування підземного простору, що спираються на синтез методів модифікованого авторами морфологічного аналізу та аналізу ієрархій з використанням інтерактивної людино-комп'ютерної процедури прийняття рішень, які оперують групами факторів інженерно-геологічного, структурно-функціонального та безпекового характеру. Проведена формалізація факторів впливу та їх системних зв'язків при плануванні розвитку підземної інфраструктури з цільовою функцією безпеки. Як основні фактори інженерно-геологічної групи прийнято: рівень динамічного навантаження, показник статичного навантаження від поверхневої забудови, показник статичного навантаження оточуючого ґрунтового масиву, вплив існуючих підземних об'єктів, генетичний тип та літологічний склад ґрунтів, розрахунковий опір ґрунту, вплив водоносних горизонтів і верховодки, тип рельєфу і морфометрія, інженерно-геологічні процеси, геотехнології будівництва підземних споруд.

Побудована морфологічна модель системи з 8-ми автомобільних тунелів, запланованих у Генеральному плані м. Києва, а також проєктів 2-х великих підземних паркінгів під площами в середмісті Києва. Проведена оцінка трас розвитку підземної транспортної інфраструктури та отримані рейтинги (пріоритети) щодо доцільної послідовності будівництва тунелів з урахуванням ієрархічної ваги критерію захисту критичної інфраструктури.

Результати моделювання дозволяють рекомендувати групу тунелів 5, 4 і 3 (нумерація згідно з Генеральним планом м. Києва) як пріоритетні для будівництва в Києві за базовим варіантом і за безпековим фактором при ієрархічному підході. Цей же підхід визначає тунелі 5, 7 і 8 пріоритетними за кліматичним (екологічним) фактором. В обох розглянутих підходах і в усіх ієрархічних групах тунель 5 отримав найвищий рейтинг і може розглядатися як першочерговий для будівництва. Морфологічний аналіз територій для розміщення підземних паркінгів (із функцією сховищ для цивільного населення) під площами у середмісті Києва вказує на пріоритетність Європейської площі. Отримані результати оцінки ризиків, зокрема – вразливості підземних об'єктів мілкого закладання.

Розроблена математична модель ґрунту як твердого пористого багатокомпонентного в'язкопластичного середовища із змінним коефіцієнтом в'язкості при навантаженні та розвантаженні, яка більш адекватно описує хвильові процеси в ґрунтах при вибухових та динамічних навантаженнях, ніж модель із постійним коефіцієнтом в'язкості при розвантаженні. Відхилення даних експерименту та розрахунку за першою моделлю склали 11%, а за другою моделлю – близько 34%. Порівняння результатів розрахунків з експериментальними даними показало можливість більш коректного використання запропонованої моделі для визначення деформації ґрунтів при вибухових та ударних навантаженнях.

Опубліковано 1 монографію у видавництві Springer та підручник (видавництво КПІ «Політехніка»), а також 6 Chat та 2 статті у виданнях, що індексуються у БД Scopus, 2 статті в закордонному виданні і 4 статті у фахових виданнях України.

Зроблено 2 доповіді на всеукраїнських та міжнародних конференціях. Подано 1 заявку на патент України на корисну модель.

2.2. Проведення науково-дослідних робіт на замовлення підприємств та організацій **(госпдоговори) – не проводилися.**

2.3. Проведення науково-дослідних робіт за **міжнародним науковим співробітництвом**

НПП кафедри отримали фінансування по проєкту U_CAN (Towards carbon neutrality of Ukrainian cities), Оксана BOBK, від 01.05.2024 до 30.04.2028 (42 міс.) Наталя ЗУЄВСЬКА, Геннадій ГАЙКО, Олена ГАН, Вікторія ВАПНІЧНА, Оксана ТВЕРДА. Проєкт представлений групами, які забезпечують виконання 4 і 6 пакету.

Пакет 4 (Гайко Г.І., Ган О.В., Вапнічна В.В.) розробили: 1. Методологію та розробили інструменти для забезпечення (вдосконалення системної методології та інструментів для прийняття рішень щодо пріоритетності будівництва підземної транспортної інфраструктури в Києві. Це досягається шляхом синтезу морфологічної моделі з аналітичним ієрархічним процесом (АНР), де критерію кліматичної нейтральності надається додаткова вага серед інших факторів. 2. Збір даних (про транспортну мережу, інтенсивність викидів автотранспорту та інші фактори системного аналізу. Цей процес включає оновлений Генеральний план Києва, комплексну транспортну схему, Урбаністичний атлас Києва (супутникові дані) і Google Maps. 3. Залучення зацікавлених сторін (налагодження взаємовідносин з громадськими організаціями, зокрема з Академією будівництва України та Департаментом транспортної інфраструктури КМДА.

Кафедра геоінженерії в рамках Програма НАТО «Наука заради миру і безпеки» (NATO SPS) брала участь в Workshop “Energy infrastructure resilience in response to war and other hazards” POLAND, Rzeszów, який проходив 23-26 вересня 2024 року. НПП кафедри (Natalia Zuievskaya, Oksana Vovk, Liubov Shaidetska, Roman Semchuk) представили доповідь на тему «Protection of critical infrastructure facilities by the “umbrella” system». Керівник проєкту: Чернявський А.В., обсяг фінансування становить 1400 тис. грн.

Фахівці кафедри геоінженерії використовують комп'ютерне моделювання для оцінки наслідків вибуху з метою захисту критичної інфраструктури. Вирішальними для характеристик стійкості купола UMBRELLA є конструкція точок з'єднання, матеріал стрижнів і агрегат для трикутних елементів. Принципове значення має конструкція роз'ємів. Оптимальний варіант вибирається при проведенні комп'ютерного моделювання з розрахунком можливих навантажень. Рекомендуємо використовувати свайно-гвинтовий фундамент. Також можна використовувати технологію JET-GROUTING. Переваги цієї технології: висока швидкість зведення ґрунтоцементних паль, можливість легко змінювати параметри палі, довжину і діаметр, дозволяє працювати в слабких ґрунтах, але вимагає спеціального обладнання. Що стосується кількості опор, то це залежить від розрахунків. Необхідна кількість гвинтових паль залежить від розмірів і ваги споруди, в середньому відстань між палями може бути від 1,5 до 2,5 метрів. Для створення пальового фундаменту пропонуємо використовувати струменеву технологію. Це дозволяє швидко і надійно створювати пальові фундаменти незалежно від несприятливих характеристик ґрунту. У пальово-гвинтовому фундаменті в якості несучих елементів використовуються металеві гвинтові палі діаметром 89 або 108 мм.

Вантажопідйомністю 5000-7000 кг і довжиною 3 метри. Проведено комп'ютерне моделювання деформацій при вертикальних і бічних навантаженнях і відповідно до цього підібрані оптимальні перерізи і товщини металевих стрижнів. КАПРОЛОН, (ПОЛІАМІД 6) часто використовують як матеріал для заміни бронзи, алюмінію та інших кольорових металів, оскільки він має значні переваги (в 7 разів легший за бронзу), має високу механічну міцність, в'язкість, твердість і еластичність, не є -електропровідні. У промисловості поліамід ПА-6 випускають у вигляді листів, прутків і в гранулометричному вигляді, можливе отримання різних кольорів. Використання гранулометричного поліаміду зі скловолокном дозволить виплавляти трикутники однакового розміру без залишків у вигляді обрізків, як для листового матеріалу. Ми пропонуємо використовувати для зовнішнього рівня кришки лінзоподібні пластикові лінзи спеціалізовані з 3D ефектом у вигляді плівки. Ефект розмиття контурів системи Umbrella досягається як згори, так і з землі.

Моделювання проводилося в програмному комплексі Ansys з прогнозом можливого руйнування бетонних конструкцій різною кількістю вибухових речовин.

2.4. Проведення досліджень за національною грантовою підтримкою (гранти **НФДУ**) – **не проводилися**.

2.5. Проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт за **Державним замовленням** – **не проводилися**.

3. Публікації – підсумкові дані по кафедрі геоінженерії:

- **Монографії**, окремо закордонні – **1** од., та опублікованих розділів монографій, які індексуються у Scopus та/або WoS – **3/6**;
- **публікації**, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science (всього одиниць) - **14**.
- **Статті** у фахових наукових виданнях України категорії Б *всього* одиниць – **22** (од.) та загальна кількість, публікації у зарубіжних періодичних наукових виданнях країн ОЄСР (од.).
- підручники та навчальні посібники – **2** од.
- Наукове видання підрозділу: на кафедрі ГІ в 2020 році засновано науково – технічний журнал «Геоінженерія», сайт видання <http://geo.kpi.ua/>.
- **Інші наукові** видання – видано **4** збірки матеріалів конференції.

4. Експертна діяльність

НПП кафедри геоінженерії у 2024 році реалізовувалися в якості експерта по проведенню загальнодержавних конкурсних відборів МОН України, а саме проф. **Кофанова О.О.**, як голова секції спец. наук.-тех. ради МОН з відбору наук. робіт, наук.-техн. та інфраструктурних проєктів з сумарною кількістю проведених експертиз **5** та експерта МОН в основному конкурсі і конкурсі спільних українсько-австрійських науково-дослідних проєктів з **8** проведеними експертизами; доцент **Вапнічна В.В.** у разовій спеціалізованій вченій раді Державного університету «Житомирська політехніка» (Наказ університету №297/од від 29.05.2024) в

процедурі присудження ступеня доктора філософії Леонець Ірини Володимирівни в якості другого опонента.

- 5. Наукові досягнення науково-педагогічних і наукових працівників.** У звітному році НПП кафебри геоінженерії: **Вовк Оксана Олексіївна**, професор, д.т.н., професор – з нагоди Дня працівника освіти нагороджена подякою МОН (наказ МОН України №295-к-24 від 26.09.2024 року про нагородження працівників сфери освіти і науки за ініціативу і наполегливість, високий професіоналізм, сумлінне виконання службових обов'язків та вагомий особистий внесок у розвиток сфери освіти і науки України, підписаний міністром Лісовим О.В.) – за ініціативу і наполегливість, високий професіоналізм, сумлінне виконання службових обов'язків та вагомий особистий внесок у розвиток сфери освіти і науки України; **Вапнічна Вікторія Вікторівна**, доцент, к.т.н., доцент – з нагоди Дня працівника освіти нагороджена подякою МОН України (наказ МОН України №295-к-24 від 26.09.2024 року про нагородження працівників сфери освіти і науки за ініціативу і наполегливість, високий професіоналізм, сумлінне виконання службових обов'язків та вагомий особистий внесок у розвиток сфери освіти і науки України, підписаний міністром Лісовим О.В.) – за багаторічну сумлінну працю, вагомий особистий внесок у підготовку висококваліфікованих спеціалістів та плідну наукову-педагогічну діяльність.

6. Наукове обладнання довгострокового користування

У звітному році на кафедру геоінженерії за рахунок спецкоштів НН ІЕЕ було придбано: накопичувачі (10 шт. на суму 3048 грн.), персональний комп'ютер 1 Impression (4 шт. на суму 51742,08 грн.), принтер Canon i-Sensys (1 шт. на суму 9000 грн.), веб-камери 2E WQHD (2 шт., на суму 2240 грн.). Крім того за кошти КПП ім. Ігоря Сікорського придбано робочу станцію Хижак ПК OS на суму 199999,92 грн.

За кошти з дербюджетної наукової теми №2706-п придбано: флеш-пам'ять USB Samsung Fit Plus USB 3.1 256GB (MUF-256AB/APC) на суму 3000 грн., ноутбук 2E IMAGINARY 15 на суму 14000 грн.

В.о. зав. кафедри ГІ

Наталя ЗУЄВСЬКА

13.01.2025 року