

ЗАТВЕРДЖУЮ
Керівник підприємства/станови/організації

(Грантоотримувача)

Проректор з наукової роботи

Віталій ПАСІЧНИК



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу в рамках реалізації проекту
із виконання наукових досліджень і розробок

Інструментарій планування підземної інфраструктури великих міст для забезпечення мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору на основі системної методології

Назва конкурсу: "Наука для безпеки людини та суспільства"

Реєстраційний номер Проекту: 2020.01/0247

Підстава для реалізації Проекту з виконання наукових досліджень і розробок 2020.01/0247
Інструментарій планування підземної інфраструктури великих міст для забезпечення мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору на основі системної методології
договори № 109/01.2020 від 30.10.2020, № 114/01/0247 від 30.04.2021

Рішенням наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу "Наука для безпеки людини та суспільства"
протокол від 16-17 вересня 2020 року № 21

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проекту

Початок – 30.10.2020

Закінчення – 15.12.2021.

Загальна вартість Проекту, грн. 2 748 710,00 грн.

Вартість Проекту по роках, грн.::

1-й рік 702 510,00 грн.

2-й рік 2 046 200,00 грн.

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проекту було залучено у 2020 р. 8 виконавців, з них:

доктори наук 3;

кандидати наук 3;

інші працівники 2.

у 2021 р. 7 виконавців, з них:

доктори наук 2;

кандидати наук 3;

інші працівники 2.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Грантоотримувач:

Найменування підприємства/установи/організації

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Організаційно-правова форма підприємства/установи/організації

Державна організація (установа, заклад, підприємство)

Підпорядкованість підприємства/установи/організації

Міністерство освіти і науки України

Код ЄДРПОУ

02070921

Код(и) КВЕД

72.19 – Дослідження й експериментальні розробки у сфері інших природничих і технічних наук

Стратегічні напрями наукової діяльності

1. Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави.
2. Інформаційні та комунікаційні технології.
3. Енергетика та енергоефективність.
4. Раціональне природокористування.
5. Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань.
6. Нові речовини і матеріали.

ПІБ керівника підприємства/установи/організації

Згуровський Михайло Захарович

Юридична адреса підприємства/установи/організації

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056

Фактична адреса (укр.)

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056

Поштова адреса (укр.)

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056

Телефон

(+38 044) 204-82-82

Посилання на веб-сторінку підприємства/установи/організації

<http://www.kpi.ua>

Залучення субвиконавців не передбачене.

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проекту (до 200 знаків)

Розробка інструментарію планування підземної інфраструктури для мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору на основі системної методології.

4.2. Основні завдання Проекту (до 400 знаків)

- Формалізація структурно-функціональних та інженерно-геологічних факторів міського середовища в системі підземної урбаністики та їх зв'язків з групами екологічних і техногенних ризиків;
- побудова і тестування морфологічних моделей розвитку підземної інфраструктури для мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору.

4.3. Детальний зміст Проекту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Проблема освоєння підземного простору великих міст пов'язана з тенденцією будівництва окремих споруд як локальних об'єктів, тоді як парадигма сталого розвитку змінює масштаб інженерних проектів, що потребує системної методології планування розвитку підземної інфраструктури міста для мінімізації ризиків. Okремі праці не йшли далі загальних рекомендацій та постановки задач, або не були зосереджені на проблемах екології та безпеки суспільства в мегаполісах.

- Новизна Проекту (до 400 знаків)

Вперше створено інструментарій сценарного аналізу і підтримки прийняття рішень щодо планування розвитку підземної інфраструктури мегаполісу в умовах екологічних, техногенних і терористичних загроз на основі системної методології, побудовані моделі зв'язків факторів ризику в сучасних мегаполісах з факторами природного, техногенного та структурно-функціонального характеру організації міського середовища.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Системна методологія, що включає модифікований метод морфологічного аналізу, сценарний аналіз, мережеві методи аналізу ієархій, фрактальний аналіз, методологію когнітивного моделювання та їх адаптацію до урбаністичних проблем а також методи територіального планування та інженерної геології. Okремі методи модифіковані авторами проекту для задач урбаністичного розвитку.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проекту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проекту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

Розроблено системний підхід до моделювання і сценарного аналізу планування розвитку інфраструктури мегаполісу в умовах екологічних, техногенних і терористичних загроз, що базується на спільному застосуванні методологій передбачення, когнітивного моделювання та фрактального аналізу. Вперше пропонується використовувати зазначені методології спільно: на першому етапі застосовувати методологію передбачення і фрактального аналізу, отримані результати використовувати в якості вихідних даних на другому етапі – для когнітивного моделювання, що дозволяє запропонувати науково обґрунтовану стратегію реалізації пріоритетної альтернативи сценарію планування розвитку інфраструктури мегаполісу.

Розроблено морфологічні моделі розвитку підземної інфраструктури великих міст: для оцінювання пріоритетності будівництва підземних об'єктів (зокрема протяжних підземних споруд транспортного призначення) з метою мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору. Побудовані морфологічні таблиці інженерно-геологічних факторів ділянки будівництва тунелю (10 параметрів, сумарно 38 альтернатив), елементів рішення щодо траси тунелю (6 параметрів, сумарно 23 альтернативи), параметрів впливу на структурно-функціональні і екологічно-безпекові фактори (8 параметрів, сумарно 31 альтернатива) і результатів аналізу цього впливу (6 параметрів, сумарно 22 альтернативи), і відповідні матриці взаємозв'язків між параметрами цих таблиць. На основі експертного опитування щодо взаємозв'язків і зв'язків між параметрами морфологічних таблиць (сумарно близько 1 000 питань) побудована морфологічна модель оцінювання ділянок потенційного будівництва тунелів.

Вхідними даними для моделі є оцінки альтернатив конкретної ділянки будівництва тунелю, кількість таких оцінок для одного об'єкта складає 69 питань. Дані моделі відкривають можливості для системного аналізу транспортної інфраструктури мегаполісу і оцінки доцільності передачі частини транспортних функцій автомобільним тунелям на територіях запланованих трас. Розроблену модель протестовано на двох ділянках будівництва тунелів, передбачених Генеральним планом м. Києва. Для обраних ділянок проведені два паралельні експертні опитування і отримані результати розрахунку модифікованим методом морфологічного аналізу. Результати проаналізовані, представлені у вигляді діаграм та графіків, і демонструють високу адекватність і наочність моделі в умовах відсутності точної, чіткої, достовірної інформації.

Для оцінки складності ділянок будівництва тунелів з метою оцінки поточної ситуації та порівняння запропонованих варіантів рішень для підтримки їх прийняття, застосовані та адаптовані методи фрактального аналізу до інфраструктури території тунелів, включаючи обчислення їх фрактальної розмірності та її інфраструктури.

Також розроблено морфологічну модель для оцінювання підземних об'єктів з точки зору стійкості і здатності до функціонування в разі настання небажаних подій (зокрема зі злім умислом – диверсії, терористичні акти тощо). Морфологічна модель призначена для використання в двохетапному модифікованому методі морфологічного аналізу, в цілому складається з 11 параметрів, 49 альтернатив. Особливістю моделі є необхідність оцінювати матрицю зв'язків для різних класів об'єктів, тому для двох задач, які розглядались (порівняння дюкера для стічних вод між берегами р. Дніпро у вигляді комплексу труб і концепту підземного тунелю, а також порівняння мостового і тунельного підземного переходу), загальна кількість експертних питань становила близько 3000. В результаті проведеного оцінювання обґрунтовано переваги підземних варіантів реалізації відповідних об'єктів, як в обставинах всієї множини потенційних небажаних подій, так і в конкретних сценаріях небажаних подій, які розглядались (вибух в результаті диверсії, зсуви ґрунтів, погодні катаклізми тощо).

Отримані результати використовувались в якості вихідних даних для імпульсного когнітивного моделювання, що дозволило побудувати сценарії розвитку в динаміці процесу і запропонувати науково обґрунтовану стратегію реалізації пріоритетного сценарію.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

Розроблені моделі враховують як інженерно-геологічні, так і структурно-функціональні фактори розвитку об'єктів підземної інфраструктури, відображають їх характеристики з точки зору екологічних, техногенних, безпекових ризиків, здатності протистояти небажаним подіям різної природи. Моделі дозволяють врахувати невизначеності, спричинені рядом факторів. Дослідження аналогічних задач методом морфологічного аналізу авторам невідомі, однак є ряд досліджень зарубіжних вчених цим методом щодо аналізу ризиків в інших сферах людської діяльності. Основною перевагою розробленого авторами продукту є використання модифікованого методу морфологічного аналізу, який дозволяє отримати науково обґрунтовані кількісні показники і представити результати у наочному вигляді, доступному для осіб, що приймають рішення, тоді як існуючі аналоги використання методу зводяться, в основному, до структурованого перебору варіантів і надання вербальних рекомендацій. Відмінністю і перевагою проекту є можливість мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору шляхом системного управління розвитком підземного простору великих міст і передачі функцій найбільш небезпечних та ризикованих поверхневих об'єктів і комунікацій підземним спорудам, забезпечуючи стабільний розвиток великих міст і логістику використання підземного простору в разі надзвичайних ситуацій.

Проведено імпульсне когнітивне моделювання планування раціональних конфігурацій побудови запропонованого авторами тунельного дюкера під Дніпром для перепуску стічних вод з правобережного Києва до Бортницької станції аерації та обґрунтування доцільності його побудови з порівнянням існуючих трубних дюкерів. При цьому в якості збурюючих факторів враховувались можливі дії небажаних подій – як природні стихійні лиха та катастрофи, так і події техногенного або антропогенного походження (зокрема – зі злім умислом: військові дії, терористичні акти).

Результати проведеного чисельного експерименту імпульсного когнітивного моделювання для тунельних та трубних дюкерів в умовах подій антропогенного (бойові дії, диверсія, тероризм) та

природного походження (зсуви) показали, що в результаті дії злого умислу (бойові дії, тероризм), суттєво, більш ніж на 80%, зменшується здатність до функціонування трубних дюкерів порівняно з тунельними, до 97.76% досягає різниця в порівнянні негативних наслідків життедіяльності, а також на 96.43% екологічних та 89.67% економічних наслідків для трубних дюкерів. За умов природного походження розглядалися зсуви. При цьому здатність до функціонування тунельних дюкерів на 41.5% більш надійна, ніж трубних дюкерів. В той же час різниця наслідків для тунельних і трубних дюкерів для більш суттєвих факторів, а саме: життедіяльності, екологічних та економічних наслідків складають відповідно 88.1%, 65.58%, 92.52%.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проекту для економіки та суспільства (стосується проектів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

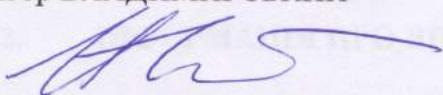
Застосована методика вперше дозволяє оцінити різноманітні ризики, імовірність реалізації негативних сценаріїв та додаткові витрати, з ними пов'язані, ще на передпроектній стадії спорудження підземних об'єктів. Це дає в руки інвесторів та міських державних адміністрацій ефективний інструмент управління ризиками та інвестиціями при освоєнні підземного простору мегаполісів. Запропонований інструментарій передбачення і сценарного аналізу планування розвитку підземної інфраструктури мегаполісу може бути використаний для аналізу, моделювання, прогнозування соціальних, екологічних, економічних процесів, для оцінювання ризиків в умовах екологічних і техногенних загроз. Розроблені інструменти дозволяють зменшити необхідні часові, фінансові і людські ресурси для стратегічного планування і прийняття рішень у складних системах з наявністю людського фактора, таким чином підвищуючи конкурентоспроможність для організацій різних рівнів і держави в цілому.

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проекту в суспільній практиці.

Розроблена методика та інструментарій можуть бути використані для побудови стратегічних майстер-планів розвитку «підземного Києва» та інших великих міст України. За результатами проекту планується розробити «Рекомендації з мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору м. Києва», які будуть направлені в КМДА, Інститут Генерального плану м. Києва, в Академію будівництва України та в Будівельну палату України.

Поширення результатів дослідження в наукових і фахових виданнях та серед громадськості, а також в обласних осередках Академії будівництва України сприятиме застосуванню системної методології розвитку підземної інфраструктури у великих промислових містах країни (Харків, Дніпро, Кривий Ріг, Запоріжжя, Маріуполь та ін.) де екологічні питання та техногенні загрози посилюються концентрацією виробничих потужностей, а держадміністрації, органи самоврядування та інвестори потребують дієвих інструментів управління ризиками та інвестиціями для вирішення урбаністичних проблем.

Заступник начальника НДЧ
Ігор ВЛАДИМИРСЬКИЙ



Науковий керівник Проекту
Заст. директора з наукової роботи
ІПСА КПІ ім. Ігоря Сікорського
д.т.н., проф., чл.-кор. НАНУ
Наталія ПАНКРАТОВА

