

С. В. Синій*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3913-6725>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

Н. В. Гупік

студентка-бакалавр, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0691-077X>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

Л. М. Ксьоншкевич

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9619-4855>

Кафедра міського будівництва та господарства

Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029

О. М. Крантовська

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6182-7691>

Кафедра опору матеріалів

Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029

О. А. Ужегова

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2352-2907>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

С. В. Ротко

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1860-7890>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

*автор-кореспондент, e-mail: sergii.synii@gmail.com

Особливості методики інтеграції інженерних мереж з тепловим насосом у будівлю в долині річки Сапалаївки у Луцьку

Цитувати як:

Синій, С. В., Гупік, Н. В., Ксьоншкевич, Л. М., Крантовська, О. М., Ужегова О. А., Ротко, С. В. (2025). Особливості методики інтеграції інженерних мереж з тепловим насосом у будівлю в долині річки Сапалаївки у Луцьку. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 23, 285-300. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-25](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-25)

© 2025, Синій, С. В., Гупік, Н. В., Ксьоншкевич, Л. М., Крантовська, О. М., Ужегова О. А., Ротко, С. В.

Анотація. Аналіз літературних джерел показав стійкі тенденції: технічного і технологічного розвитку інженерних мереж в напрямку використання розумних і інтелектуальних технологій; ріст вимог до енергоефективності і екологічності інженерних мереж та об'єктів будівництва, в які ці мережі інтегруються. Проаналізовано приклади гідроморфологічної трансформації міських річок. Зроблено висновок про важливість збереження екосистеми Сапалаївки для Луцька.

Проаналізовано особливості існуючого урбаністичного ландшафту Луцька навколо річки Сапалайвки. Детальніше проаналізовано стан ділянки рекреаційної зони Сіті-парку у долині цієї річки. Відзначено нові зміни урбаністичного ландшафту південного схилу: його укріплено залізобетонною стіною з контрфорсами. Біля схилу заплановано будівництво громадської будівлі з інтеграцією інженерних мереж з тепловим насосом.

Розроблено удосконалену методику досліджень, яка передбачає різнобічний аналіз характеристик об'єкта досліджень. Аналізуються містобудівний, екологічний, соціально-економічний, архітектурно-будівельний аспекти. Такий науковий підхід дозволяє досягти в процесі проєктування найбільш збалансованих технічних рішень. Їх впровадження сприятиме досягненню кращих результатів з інтеграції інженерних мереж у об'єкти будівництва. Результати проєктування отримані в програмному середовищі Uropor. Для проведення аналізу в межах розробленої методики пропонується залучати відомі методологічні підходи. Залежно від потреб аналізу вони можуть бути різної математичної складності: від принципів SWOT-аналізу до методів аналізу та/або оптимізації з отриманням цільових функцій. Оптимізацію рекомендується проводити в один етап (визначати цільову функцію залежно від факторів, що є показниками аспектів) або у два етапи (коли показники аспектів також визначаються як цільова функція від факторів у складі кожного аспекту). Розроблену методику рекомендується використовувати як методичний підхід до вирішення складних проєктних рішень з інтеграції інженерних мереж в об'єкти будівництва. Вона покращує узгодженість таких рішень з містобудівними і екологічними вимогами до урбаністичного ландшафту.

Ключові слова: інженерні мережі, методика, аналіз, будівля, тепловий насос, долина річки, містобудування, екологія, архітектурно-будівельний аспект.

Вступ

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Проведений аналіз сучасних процесів промислового розвитку на етапах Індустрії 4.0 – Індустрії 5.0 дозволив виявити тенденції технічного та технологічного розвитку інженерних мереж, враховуючи у будівлях та спорудах, до зростання орієнтованості цих мереж на використання розумних та інтелектуальних технологій з підвищенням рівня вимог до енергоефективності та екологічності як власне мереж, так і об'єктів будівництва, в які вони інтегруються [1-10 та ін.]. У житлових та громадських будівлях це особливо важливо для систем опалення, охолодження і гарячого водопостачання, що є найбільш енергомісткими [8-12 та ін.].

Будівництво нових громадських будівель у центральних районах міст, таких як давнє українське місто Луцьк, зазвичай ускладнене через існуючу щільність забудови та складність рельєфу вільних від забудови ділянок. У сучасному Луцьку це передусім зумовлено наявністю історично сформованого урбаністичного ландшафту [13, 14 та ін.], що викликає потребу ретельно продуманих його змін у відповідності до прогресивних вимог сталого розвитку міст, які включають розширений, у порівнянні з

нормативними вимогами до проектування та будівництва, спектр питань з містобудування та архітектури, екології, енергоефективності та ресурсозбереження і відповідно розширений методологічний підхід.

Історія розвитку території Луцька щільно пов'язана з процесами антропогенного освоєння та урбанізації берегів та ділянок навколо річки Стир, її приток та рукавів, що підтверджується у [13-15 та ін.].

Однією з таких приток є невелика річка Сапалаївка, основна частина якої протікає в межах території Луцька, враховуючи її впадання у Стир. Ґрунтовні результати досліджень водних об'єктів Луцька, зокрема і детальну характеристику річки Сапалаївки виконали Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К. у праці [15]. Цінну відеофіксацію сучасного стану русла і берегів річки (рис. 1) подано у журналістських дослідженнях [16].



Рис. 1. Скріншот із виглядом на південний схил (по центру) урборельєфу ділянки рекреаційної зони у долині річки Сапалаївки, станом на червень 2017 р. [16]

Сучасний стан ділянки рекреаційної зони у долині річки з укріпленням схилом, під яким планується будівництво громадської будівлі з інтеграцією інженерних мереж з тепловим насосом наведено на рис. 2.

Вважаємо, що виходячи з сучасних принципів сталого розвитку міст, збереження екосистеми Сапалаївки є важливим для Луцька, незважаючи на певні перешкоди щодо розвитку міської інженерної та транспортної інфраструктури. У минулому столітті ці пріоритети щодо розвитку інфраструктури домінували: для забезпечення кращого розвитку такої інфраструктури часто використовувались способи ховання невеликих річок у землю. Ці та інші гідроморфологічні трансформації призводили до суттєвого погіршення якості річкової води [15] з усіма наступними наслідками зі зменшення біорізноманіття на прилеглої міській території.



Рис. 2. Вигляд на південний схил, укріплений залізобетонною стіною з контрфорсами, урборельєфу ділянки рекреаційної зони у долині річки Сапалаївки, станом на вересень 2024 року (авторське фото)

В Україні негативний досвід ховання річки у межах міста у підземний колектор, який фактично стає елементом міської каналізації, бачимо на широковідомих та обговорюваних в українському суспільстві прикладах річок Полтви у Львові та Либідь у Києві, адже здійснювана в наш час їх ревіталізація з відкриттям принаймні окремих ділянок русел потребує багато зусиль громадськості та міської влади [17-19 та ін.].

Загалом така тенденція ховання річок чи їх ділянок в колектори в межах міста спостерігалась у світі в часи бурхливої індустріалізації міст. Одним з яскравих прикладів є струмок Чонгечхон в Сеулі (Південна Корея). Його приховання відбувалось під впливом переконань швидкої індустріалізації та урбанізації у 1950-х – 1970-х роках шляхом улаштування міської транспортної магістралі над схованим у землю під залізобетонними конструкціями руслом струмка, дороговартісне розкриття якого враховуючи повний демонтаж конструкцій транспортної магістралі відбувалося у 2003 – 2005 роках [20, 21 та ін.].

Отже, аналіз досліджень [17-22] підтверджує що зміни урболандшафту шляхом ревіталізації, ренатуралізації річок, які внаслідок антропогенного впливу в минулому зазнали гідроморфологічних трансформацій, забезпечують позитивний ефект відновлення місцевої екосистеми за рахунок покращення показників навколишнього міського клімату (чистіше повітря, покращення температуро-вологого режиму тощо), якості річкової води та значне підвищення біорізноманіття.

При цьому доведено, що рекреаційні можливості урболандшафтів відновлених екосистем таких річок значно покращуються [22]. Тому цей

факт потрібно обов'язково враховувати при прийнятті містобудівних рішень, тим більше для річок, що уникли таких кардинальних антропогенних впливів.

Наведені факти спонукають до прийняття екологічно орієнтованих містобудівних рішень та рішень інженерних мереж будівель і споруд в долині річки Сапалаївки у Луцьку, що підкреслює важливість застосування правильно збалансованої методики інтеграції інженерних мереж у будівлі та споруди на її берегах.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є удосконалення методики інтеграції інженерних мереж з тепловим насосом у будівлю з урахуванням особливостей її розташування в долині річки Сапалаївки у Луцьку і для цього завданнями дослідження передбачено обґрунтування вибору аспектів аналізу характеристик об'єкта досліджень та отримання підготовлених до впровадження результатів у вигляді розроблених проектних рішень в програмному середовищі Uronor [23].

Матеріали та методи

Методикою досліджень передбачено аналіз літературних джерел, проектної та технічної документації, проведення комплексного аналізу та синтезу ролі містобудівного, екологічного, соціально-економічного, архітектурно-будівельного аспектів у прийнятті науково обґрунтованих проектних рішень для умов інтеграції інженерних мереж з тепловим насосом у будівлю, що проєктується для умов складного урбанізованого ландшафту долини міської річки.

Результати та обговорення

Згідно даних геопорталу [24] розглядувана ділянка в долині річки Сапалаївки у Луцьку належить до рекреаційної зони Сіті-парку (рис. 1-3). Тому інтеграція у будівлю на цій ділянці інженерних мереж з альтернативним джерелом енергії потребує методологічно збалансованого підходу. Тому, виходячи з аналізу літературних джерел пропонується удосконалена методика досліджень, якою передбачено обов'язковість проведення різнобічного аналізу (в містобудівному, екологічному, соціально-економічному, архітектурно-будівельному аспектах) характеристик об'єкта досліджень, як запоруки досягнення в процесі робіт з проєктування найбільш узгоджених між собою та сприятливих для впровадження технічних рішень. Розглянемо аспекти детальніше (рис. 4).

Насамперед слід відзначити наступну ієрархію їх взаємних зв'язків та впливів: 1) усі вони пов'язані один з одним; 2) аналіз архітектурно-будівельного аспекту включає результати аналізу усіх інших аспектів, а його результати є основою вихідних даних до прийняття принципових рішень з проєктування інженерних мереж.

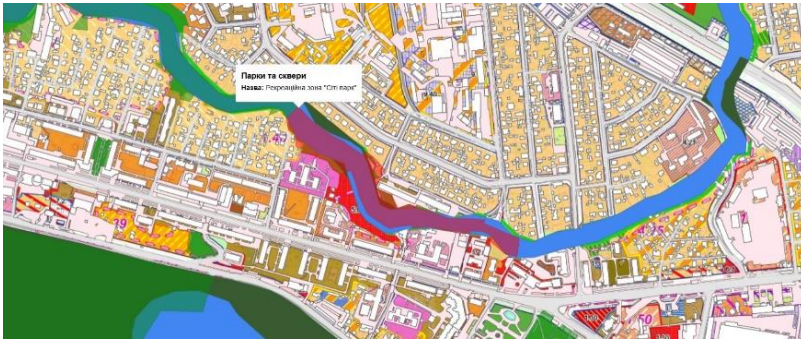


Рис. 3. Розташування рекреаційної зони "Сіті-парк" (темно-червоний колір) та розглядуваної громадської будівлі (у західній частині світло-червоної зони) за новим Генпланом Луцька [24]

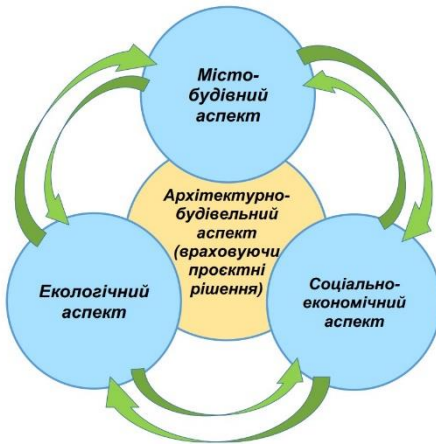


Рис. 4. Структура взаємодії містобудівного, екологічного, соціально-економічного, архітектурно-будівельного аспектів аналізу характеристик об'єкта досліджень

Містобудівний аспект. Міські інженерні мережі на території Центрального житлового району Луцька, до якої належить розглядувана ділянка в долині річки Сапалаївки, є розгалуженими і забезпечують потреби централізованого гарячого та холодного водопостачання, господарсько-побутової та ливневої каналізації, тепло-, газо-, електропостачання житлової та громадської забудови.

Інтенсивний розвиток забудови Центрального району відбувався на протязі усього минулого століття (зокрема, теперішній проспект Волі став одним з перших, до забудови якого було прокладено міський водопровід [25]). Зважаючи на це, щільна міська забудова на сьогодні є характерною для цього району. При цьому стан більшості зовнішніх мереж

підтримується задовільним, що переважно не забезпечує сучасні вимоги до енергоефективності (за винятком окремих ділянок мереж вздовж проспекту Волі, що реконструювався у 2020-2024 роках).

Крім того, не зважаючи на успішно виконувану у Луцьку поетапну модернізацію господарства міських тепломереж з залученням коштів ЄБРР [26], використання відновлюваних джерел енергії для таких потреб є все ще незначним, а транспортування тепломережами дорогим, що незважаючи на технічну можливість приєднання до існуючих мереж централізованого теплопостачання від районної котельні на традиційному паливі спонукає до пошуку альтернативних способів теплозабезпечення для будівлі розглядуваної ділянки в долині річки Сапалаївки.

Рішення з вибору відновлюваних джерел енергії проаналізовано у [10]. Виходячи з особливостей розташування розглядуваної будівлі у складі комплексу забудови в низині території, якою є долина річки, і при цьому поряд з крутим та високим відносно висоти будівлі схилом, укріпленням попередньо зведеною підпірною залізобетонною стінкою, було обрано використання теплового насоса. Наступний крок з уточнення виду насоса приймався при аналізі умов архітектурно-будівельного аспекту.

Екологічний аспект. Спостерігається стійка тенденція до зростання ролі цього аспекту у містобудуванні та будівництві загалом [6-10, 15, 17-22, 24-29 та ін.]. Він охоплює усі можливі умови функціонування, починаючи з ролі інженерних мереж у складі об'єкту будівництва і закінчуючи впливом інженерних мереж та самого об'єкту будівництва на міську екосистему. Тобто у розглядуваному випадку він не обмежується, а включає у себе нормативні вимоги розділу ОВНС [30].

На сьогодні річка Сапалаївка, в долині якої передбачено будівництво розглядуваної будівлі, разом із зеленою зоною її узбережжя все ще залишаються у Луцьку на значній частині її русла доступними для використання з рекреаційною метою. Цьому сприяють існуючі ділянки зелених зон самосівних зарослей (трави, кущів і переважно листяних дерев) та міських парків вздовж її русла, враховуючи територію до та після розглядуваної ділянки [15-17, 24]. При цьому також окремі існуючі ділянки берегів Сапалаївки розташовані практично впритул до ділянок міської забудови, переважно садибної, що є перешкодою до влаштування пішохідних та велосипедних доріжок і зон вздовж русла. Окремі ділянки берегів річки в межах міста випрямлені та укріплені бетонними плитами. Також, враховуючи щільність існуючих інженерних та транспортних мереж, особливо в Центральному районі, цю неглибоку річку перетинає багато трубопроводів інженерних мереж, автомобільних мостів та пішохідних містків.

Крім того, наявність прихованих скидів у річку господарсько-побутової каналізації з прилеглої садибної забудови, існуючих ділянок дощової каналізації та стікання поверхневих вод з міських урбанізованих

територій, стихійні смітники на узбережжі значно забруднюють воду Сапалаївки та створюють неприємний запах. Позитивним є організування Луцькою міською радою заходи з санітарного очищення русла та прилеглої території, інформаційна робота [24], поступове зростання рівня екологічної відповідальності лучан. Завдяки цьому санітарний стан річки Сапалаївки в межах Луцька поступово покращується.

У другій половині минулого століття в середовищі луцьких фахівців з містобудування певний час обговорювалась ідея прокладання над Сапалаївкою транспортної артерії міста. На щастя, ця ідея жорсткого антропогенного впливу на екосистему річки не була втілена і доля Сапалаївки не повторила проаналізований вище негативний досвід [15-22], який в наш час потребує впровадження складних та дороговартісних заходів з ревіталізації, ренатуралізації річок.

Оцінка впливу від влаштування та функціонування не лише об'єктів будівництва, а і їх споруд інженерних мереж на міську екосистему, враховуючи можливі зміни урболандшафту, є комплексним показником, який суттєво залежить від вибору джерела енергії (у розглядуваному випадку – від типу теплового насоса, тобто системи забору енергії з навколишнього середовища).

Соціально-економічний аспект. На сьогодні аналіз характеристик таких як розглядуваний об'єкт досліджень опосередковано чи напряму включає також і соціально-економічні впливи, які відіграють свою роль у формуванні остаточних проектних рішень. Більшість з цих впливів законодавчо унормована, наприклад до них належать нормативні ТЕО та кошторис робіт, результати громадського обговорення та інші процедури, пов'язані із затвердженням та впровадженням проекту. Слід відзначити що сучасний розвиток громадянського суспільства та процеси глобалізації сприяють зростанню ролі соціально-економічних впливів на прийняття остаточних рішень міською владою. Потреби створення міських просторів, формування міської забудови та критичної інфраструктури щільно переплітаються зі зростанням громадянської активності мешканців міста в напрямку відстоювання важливих для них цінностей, зокрема екологічного, культурного, історичного характеру, що врешті відображається на проектних рішеннях впроваджуваних об'єктів будівництва. Тобто поряд із оцінкою результатів суто економічних розрахунків від впровадження проекту у суспільстві спостерігається тенденція до посилення впливу соціальних очікувань від реалізації проекту. Зокрема, впровадження розглядуваної будівлі в долині річки Сапалаївки сприяє подальшому формуванню та розвитку міського громадського простору на основі переосмислення ролі цього урбанізованого ландшафту у сталому розвитку міста.

Архітектурно-будівельний аспект. Сюди входять питання, що безпосередньо стосуються прийняття проектних рішень, сформованих під

впливом результатів досліджень містобудівного та екологічного аспекту: архітектурно-планувальних та проектного розрахунку інженерних мереж з тепловим насосом. Тому даний аспект є за своєю суттю прикладним і стосується прийняття конкретних технічних рішень із урахуванням сучасного стану технічного та технологічного розвитку інженерних мереж і з використанням інструментарію інформаційно-розрахункових та інформаційно-комунікаційних технологій. Виходячи з цього, на основі аналізу техніко-технологічних характеристик різних типів теплових насосів та можливостей їх використання в геодезичних та геологічних, погодно-кліматичних умовах ділянки для триповерхової громадської будівлі з підвалом в долині річки Сапалаївки, територія якої перебуває у щільному взаємовпливі з оточуючою її урбанізованою міською територією Центрального житлового району Луцька, прийнято рішення про застосування геотермальних теплових насосів [10].

Проведення різнобічного аналізу в межах пропонованої методики може в свою чергу передбачати використання відомих методологічних підходів при детальному розгляді кожного з зазначених аспектів. Наприклад, збір даних із застосуванням методів аналізу літературних та інших джерел інформації, методів опитування респондентів, робота з вихідними даними із застосуванням SWOT-аналізу або більш складних методів аналізу та/або оптимізації з отриманням очікуваних цільових функцій. При більш детальному дослідженні цільову функцію можна визначати у два етапи: спочатку визначати параметри оптимізації (y_i) для кожного із запропонованих вище аспектів, які є функціями від кількості (n) факторів (x_n) в межах конкретного аспекту, а потім за цими параметрами оптимізації визначити узагальнену цільову функцію (u) за усіма аспектами:

$$y_i = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

$$u = f(y_1, y_2, \dots, y_i), \quad (2)$$

тобто функцію, що безпосередньо впливає на збалансоване за впливом усіх аспектів кінцеве проектне рішення інтеграції інженерних мереж з тепловим насосом у будівлю в долині річки Сапалаївки у Луцьку.

Розробленою методикою передбачається що проектні рішення систем водопостачання і каналізації, опалення, охолодження, вентиляції слід виконувати в програмних комплексах з властивостями проектного конструювання та розрахунку. Як один із можливих програмних комплексів для цих потреб було вибрано Uronor [23], фрагменти з результатами проектування у ньому наведено на рис. 5. Практичний досвід

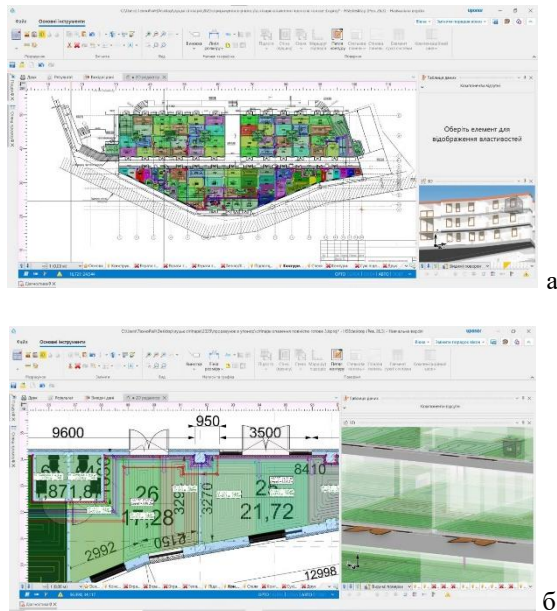


Рис. 5. Приклади а), б) рішень системи підлогового опалення будівлі в середовищі Upronor [23], прийнятих на основі розробленої методики

показав, що цей інструмент забезпечує швидкість, точність процесу проєктування та об'єктивність отриманих при цьому проєктних рішень.

Більш розгорнуто усі прийняті проєктні рішення, отримані за результатами даної методики та виконаними у програмному середовищі [24, 31] планується відобразити у бакалаврській роботі здобувачки Гупік Н. В. на тему: "Торгово-оздоровчий комплекс з геотермальними тепловими насосами у Луцьку" у червні 2025 року. Підготовлена до впровадження проєктна документація передана ТОВ "Вестсантехінстал", з яким співпрацює ЛНТУ.

Висновки

Розроблена методика дозволяє удосконалити процеси пошуку, дослідження та прийняття оптимальних чи раціональних результатів інтеграції інженерних мереж з тепловим насосом у будівлю в долині річки Сапалаївки у Луцьку завдяки детальнішому та ретельнішому розширеному розгляді та коректному аналізу усіх основних аспектів (містобудівного, екологічного, соціально-економічного, архітектурно-будівельного), що передбачають можливість досягнення в процесі проєктування найбільш узгоджених між собою та сприятливих для впровадження технічних рішень.

Даний досвід можна використовувати як методичний підхід до вирішення складних проєктних рішень у практиці інтеграції інженерних мереж в об'єкти будівництва, що потребують високої узгодженості з містобудівними та екологічними вимогами до урболандшафту.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки. Автори висловлюють подяку ТОВ "Вестсантехінстал" і особисто його директору Волинцю А. О. за надану технічну інформацію за темою дослідження.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)*, 3928-3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
2. Broo, D. G., Kaynak, O., Sait, S. M. (2021). Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. *J. Ind. Inf. Integr.*, 25, 100311. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>
3. Tran, T.-A. Ruppert, T., Eigner, G., Abonyi, J. (2022). Retrofitting-Based Development of Brownfield Industry 4.0 and Industry 5.0 Solutions," in *IEEE Access*, 10, 64348-64374. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3182491>
4. Chiorean, L.-D., Vaida, M.-F. (2024). Wastewater Pumping Stations Retrofitting. Development of a Brownfield Industry 4.0 Solution. *25th ICCO, Krynica Zdrój, Poland*, 1-6, <https://doi.org/10.1109/ICCC62069.2024.10569376>
5. Coelho, P., Bessa, C., Landeck, J., Silva, C. (2023). Industry 5.0: The Arising of a Concept. *Procedia Computer Science*, 217, 1137-1144. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.312>
6. Hamilton, S., Charalambous, B., Wyeth, G. (2021). Improving Water Supply Networks: Fit for Purpose Strategies and Technologies. IWA Publishing, 103. <https://doi.org/10.2166/9781780409207>
7. Guo, H., Lin, J.-R., Yu, Y. (2023). Intelligent and Computer Technologies Application in Construction. *MDPI*, 306. <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-8151-4>
8. Mosiichuk, I. V., Uzhehova, O. A., Rotko, S. V., Synii S. V., Pakholiuk O. A. (2022). Application of heat pumps in the heating and hot water supply systems on the

example of the city of Lutsk. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 18, 71-80. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-09](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-09)

9. Dzhedzhula V. V. (2024). Integration of alternative energy sources into public buildings' heating systems. *Modern technologies, materials, and designs in construction*, 1, 134-138. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-1-134-138>

10. Synii, S. V., Hupik, N. V., Orešković, M. (2025). Justification of the choice of alternative energy sources for a building in the Sapalaivka River valley in Lutsk. *Innovations in Construction: Collection of Abstracts X International Scientific-Practical Internet Conference of Higher Education Applicants and Young Scientists*, 15 of May 2025, Lutsk, LNTU, 155-157. <https://sites.google.com/view/iic-2025>

11. Protsenko, S., Novytska, O., Kizielev, M. (2019). Peculiarities of the new method of calculating the design heat load of buildings' heating systems according to DSTU EN 12831-1:2017. *Modern Technology, Materials and Design in Construction*, 25(2), 140–144. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2018-2-140-144>

12. Previtali, M., Barazzetti, L., Brumana, R. et al. (2014). Automatic façade modelling using point cloud data for energy-efficient retrofitting. *Appl Geomat*, 6, 95-113. <https://doi.org/10.1007/s12518-014-0129-9>

13. Wojnicz A. (1922). Łuck na Wołyniu: opis historyczno-fizjograficzny. 104.

14. Synii, S. V., Krantovska, O. M., Ksonshkevych, L. M. et al. (2022). Rationale of the structures of fencing of the territory of the Lutsk Zoo, taking into account the analysis of the history of urbanization of the landscape. *Modern technologies and calculation methods in construction*, 17, 138-145. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7\(17\)-18](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7(17)-18)

15. Zabokrytska, M. R., Khilchevsky, V. K. (2016). Water Bodies of Lutsk: Hydrography, Local Monitoring, Water Supply, and Water Disposal. *Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolojiia*, 3(42), 64-76. http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2016_3_9

16. Velyka odisseia Kateryny Zubchuk Sapalaivkoiiu. (2017). *Volyn ZMI*. <https://www.youtube.com/watch?v=nVBKepVUZ0M>

17. Boiaryn, M. V., Voloshyn, V. U., & Tsos, O. O. (2020). Ecological Condition of the Sapalayivka River in the Conditions of Lutsk Urbosystem. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, 23, 21-29. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-02>

18. Shipka, M. Z., Kurhaneych, L. P. (2023). Heoekolohichniy analiz richkovo-basainovoi systemy Poltvy. *Monohrafiia*. Lviv, 184.

19. Shevchenko R. Yu. (2021). *Kyievoznastvo: prostorova interpretatsiia urbolandshaftu*. Monohrafiia. Kyiv, 248.

20. Robinson, A., Myvonwynn, H. (2011). Cheonggyecheon Stream Restoration Project. *Landscape Performance Series*. Landscape Architecture Foundation, <https://doi.org/10.31353/cs0140>

21. Carrasco, M. (2024). Re-Naturalization of Urban Waterways: The Case Study of Cheonggye Stream in Seoul, South Korea. 12 Sep 2024. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/1020945/re-naturalization-of-urban-waterways-the-case-study-of-cheonggye-stream-in-seoul-south-korea>

22. Kim, K. R., Kwon, T. H., Kim, Y. H. et al. (2009). Restoration of an inner-city stream and its impact on air temperature and humidity based on long-term monitoring data. *Adv. Atmos. Sci*, 26, 283–292. <https://doi.org/10.1007/s00376-009-0283-x>

23. Uponor Corporation. <https://www.uponor.com/uk-ua>

24. Heneralnyi plan. Osnovne kreslennia (m. Lutsk). (2025). Lutska miska rada (ofitsiyni sait). <https://www.lutskrada.gov.ua/>
25. KP «Lutskvodokanal». <https://vd.lutsk.ua/>
26. DKP «Lutskteplo». <https://www.teplo-dkp.lutsk.ua/>
27. Synii, S. V., Melnyk, Yu. A., Sunak, P. O., Ksonshkevych, L. M., Krantovska, O. M. (2021). Design of sewerage networks using the principles of SWOT analysis. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 16, 171-179. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-22)
28. Sunak P. O., Synii S. V., Melnyk Yu. A. et al. Reconstruction of engineering structures and engineering networks, landscape based on laser scanning technology. *Modern technologies and methods of calculations in construction*. Lutsk, LNTU. 2022. Vol. 18. P.147-161. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-16)
29. Ksonshkevych, L., Streltsov, K., Krantovska, O. et al. (2023). Physico-chemical studies of the phase composition and structure of cement stone on mechanically activated Portland cement with the addition of ground chamotte. *Reliability and durability of railway transport engineering structure and buildings*, 17-19 Nov. 2021, Kharkiv, Ukraine, AIP Conf. Proc., 2684(1), 040013. <https://doi.org/10.1063/5.0142712>
30. DBN A.2.2-1:2021 Sklad i zmist materialiv otsinky vplyviv na navkolyshnie seredovyshche (OVNS).
31. Autodesk. AutoCAD. <https://www.autodesk.com/education/home>

Література

1. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)*, 3928-3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
2. Broo, D. G., Kaynak, O., Sait, S. M. (2021). Rethinking engineering education at the age of Industry 5.0. *J. Ind. Inf. Integr.*, 25, 100311. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>
3. Tran, T.-A. Ruppert, T., Eigner, G., Abonyi, J. (2022). Retrofitting-Based Development of Brownfield Industry 4.0 and Industry 5.0 Solutions," in IEEE Access, 10, 64348-64374. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3182491>
4. Chiorean, L.-D., Vaida, M.-F. (2024). Wastewater Pumping Stations Retrofitting. Development of a Brownfield Industry 4.0 Solution. *25th ICCO, Krynica Zdrój, Poland*, 1-6, <https://doi.org/10.1109/ICCC62069.2024.10569376>
5. Coelho, P., Bessa, C., Landeck, J., Silva, C. (2023). Industry 5.0: The Rise of a Concept. *Procedia Computer Science*, 217, 1137-1144. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.312>
6. Hamilton, S., Charalambous, B., Wyeth, G. (2021). Improving Water Supply Networks: Fit for Purpose Strategies and Technologies. IWA Publishing, 103. <https://doi.org/10.2166/9781780409207>
7. Guo, H., Lin, J.-R., Yu, Y. (2023). Intelligent and Computer Technologies Application in Construction. *MDPI*, 306. <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-8151-4>
8. Мосійчук, І. В., Ужегова, О. А., Ротко, С. В., Синій, С. В., Пахолук, О. А. (2022). Застосування теплових насосів у системах опалення і гарячого водопостачання на прикладі міста Луцька. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 18, 71-80. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-09](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-09)

9. Джеджула, В. В.. (2024). Інтеграція альтернативних джерел енергії в системи теплопостачання громадських будівель. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 36(1), 134–138. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-1-134-138>
10. Синій, С. В., Гупік, Н. В., Орешкович, М. (2025). Обґрунтування вибору альтернативних джерел енергії для будівлі в долині річки Сапалаївки у Луцьку. *Інновації у будівництві: зб. тез доп. X Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. здобувачів вищ. освіти та молод. уч.*, 15 травня 2025 р., м. Луцьк, ЛНТУ, 155-157. <https://sites.google.com/view/iic-2025>
11. Проценко, С.Б., Новицька, О.С., Кізеєв, М.Д. (2019). Особливості нової методики розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення будівель за ДСТУ EN 12831-1:2017. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 25(2), 140-144. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2018-2-140-144>
12. Previtali, M., Barazzetti, L., Brumana, R. et al. (2014). Automatic façade modelling using point cloud data for energy-efficient retrofitting. *Appl Geomat*, 6, 95-113. <https://doi.org/10.1007/s12518-014-0129-9>
13. Wojnicz A. (1922). Łuck na Wołyniu: opis historyczno-fizjograficzny. 104.
14. Синій С. В., Крантовська О. М., Ксьоншкевич Л. М. та ін. (2022). Обґрунтування споруд огороження території Луцького зоопарку з урахуванням аналізу історії урбанізації ландшафту. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 17, 138-145. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7\(17\)-18](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7(17)-18)
15. Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К. (2016). Водні об'єкти Луцька: гідрографія, локальний моніторинг, водопостачання та водовідведення. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 3(42), 64-76. http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghe_2016_3_9
16. Велика одіссея Катерини Зубчук Сапалаївкою. (2017). *Волинь ЗМІ*. <https://www.youtube.com/watch?v=nVBKEpVUZ0M>
17. Боярин, М. В., Волошин, В. У., & Цьось О. О. (2020). Екологічний стан річки Сапалаївка в умовах урбосистеми м. Луцьк. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*, 23, 21 - 29. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-02>
18. Шіпка, М. З., Курганевич, Л. П. (2023). Геоекологічний аналіз річково-басейнової системи Полтви. Монографія. Львів, 184.
19. Шевченко Р. Ю. (2021). Києвознавство: просторова інтерпретація урболандшафту. Монографія. Київ, 248.
20. Robinson, A., Myvonnwynn, H. (2011). Cheonggyecheon Stream Restoration Project. *Landscape Performance Series*. Landscape Architecture Foundation, <https://doi.org/10.31353/cs0140>
21. Carrasco, M. (2024). Re-Naturalization of Urban Waterways: The Case Study of Cheonggye Stream in Seoul, South Korea. 12 Sep 2024. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/1020945/re-naturalization-of-urban-waterways-the-case-study-of-cheonggye-stream-in-seoul-south-korea>
22. Kim, K. R., Kwon, T. H., Kim, Y. H. et al. (2009). Restoration of an inner-city stream and its impact on air temperature and humidity based on long-term monitoring data. *Adv. Atmos. Sci*, 26, 283–292. <https://doi.org/10.1007/s00376-009-0283-x>
23. Uponor Corporation. <https://www.uponor.com/uk-ua>
24. Генеральний план. Основне креслення (м. Луцьк). (2025). Луцька міська рада (офіційний сайт). <https://www.lutskrada.gov.ua/>
25. КП «Луцькводоканал». <https://vd.lutsk.ua/>

26. ДКП «Луцьктепло». <https://www.teplo-dkp.lutsk.ua/>
27. Синій, С. В., Мельник, Ю. А., Сунак, П. О., Ксьоншкевич, Л. М., Крантовська, О. М. (2021). Проектування каналізаційних мереж з використанням принципів SWOT-аналізу. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 16, 171-179. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-22)
28. Сунак, П. О., Синій, С. В., Мельник, Ю. А. та ін. (2022). Реконструкція інженерних споруд та мереж, ландшафту на основі технології лазерного сканування. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 18, 147-161. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-16)
29. Ksonshkevych, L., Streltsov, K., Krantovska, O. et al. (2023). Physico-chemical studies of the phase composition and structure of cement stone on mechanically activated Portland cement with the addition of ground chamotte. *Reliability and durability of railway transport engineering structure and buildings*, 17-19 Nov. 2021, Kharkiv, Ukraine, AIP Conf. Proc., 2684(1), 040013. <https://doi.org/10.1063/5.0142712>
30. ДБН А.2.2-1:2021 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС).
31. Autodesk. AutoCAD. <https://www.autodesk.com/education/home>

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 30.05.2025	Received 30.05.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 30.05.2025	Received in revised form 30.05.2025
Прийнято 01.06.2025	Accepted 01.06.2025
Опубліковано 25.06.2025	Published 25.06.2025

S. V. Synii*

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

N. V. Hupik

bachelor's student, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0691-077X>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

L. M. Ksonshkevych

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9619-4855>
Department of Urban Construction and Economy
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona st., 4, Odesa, Ukraine, 65029

O. M. Krantovska

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6182-7691>
Department of Strength of Materials
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona st., 4, Odesa, Ukraine, 65029

O. A. Uzhegova

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

S. V. Rotko

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1860-7890>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

*corresponding author, e-mail: sergii.synii@gmail.com

Features of the methodology for integration engineering networks with a heat pump in building in the valley of Sapalayivka River in Lutsk

How to Cite:

Synii, S. V., Hupik, N. V., Ksonshkevych, L. M., Krantovska, O. M., Uzhegova, O. A., Rotko, S. V. (2025). Features of the methodology for integration engineering networks with a heat pump in building in the valley of Sapalayivka River in Lutsk. *Modern technologies and calculation methods in construction*, 23, 285-300. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-25](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-25)

Abstract. Analysis of literary sources revealed stable trends: the technical and technological development of engineering networks in the direction of utilizing smart and intelligent technologies; and increasing requirements for energy efficiency and environmental friendliness of engineering networks and construction objects that integrate these networks. Examples of hydromorphological transformation of urban rivers were analyzed. A conclusion was made about the importance of preserving the Sapalaivka ecosystem for Lutsk.

The features of the existing urban landscape of Lutsk around the Sapalaivka River were analyzed. The condition of the City Park recreation area in the valley of this river was analyzed in more detail. New changes in the urban landscape of the southern slope were noted: it was reinforced with a reinforced concrete wall with buttresses. The construction of a public building with the integration of engineering networks with a heat pump is planned near the slope.

An improved research methodology was developed, which provides for a comprehensive analysis of the characteristics of the research object. Urban planning, environmental, socio-economic, architectural, and construction aspects are analyzed. This scientific approach allows achieving the most balanced technical solutions in the design process. Their implementation will contribute to achieving better results in the integration of engineering networks into construction objects. The design results were obtained in the Udonor software environment. To conduct the analysis within the framework of the developed methodology, it is proposed to involve well-known methodological approaches. Depending on the needs of the analysis, they can be of varying mathematical complexity: from the principles of SWOT analysis to methods of analysis and/or optimization with obtaining objective functions. Optimization is recommended to be carried out in one stage (determine the objective function depending on the factors that are indicators of aspects) or in two stages (when the indicators of aspects are also determined as an objective function from the factors in each aspect). The developed methodology is recommended to be used as a methodological approach to solving complex design solutions for the integration of engineering networks into construction objects. It improves the consistency of such solutions with urban planning and environmental requirements for the urban landscape.

Keywords: engineering networks, methodology, analysis, building, heat pump, river valley, urban planning, ecology, architectural and construction aspect.