

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра міського будівництва і господарства
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проєкт

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему: «Оптимізація природно-техногенної містобудівної підсистеми
в умовах зростання та територіального
розвитку міст»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-мбг-з
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми «Міське будівництво та
господарство»

(код і назва освітньої програми)

С. Ю. Летуновський

(ініціали та прізвище)

Керівник зав.каф.МБГ, доц., к.т.н. Банах А. В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц.каф.МБГ, к.арх. Сазонова О. Ю.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

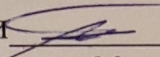
Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра міського будівництва і господарства
Рівень вищої освіти другий рівень (магістерський)
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Міське будівництво та господарство
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 

« 28 » 09 20 20 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Летуновському Станіславу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту): «Оптимізація природно-техногенної містобудівної підсистеми в умовах зростання та територіального розвитку міст»,

керівник роботи: Банах Андрій Вікторович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25» 05 2020 року № 599-с

1. Строк подання студентом роботи: 07.12.2020 р.

2. Вихідні дані до роботи: результати досліджень питання взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем, чинники, новітні засоби та методики розрахунку міських об'єктів при такій взаємодії, гіпотетичний механізм дії чинників взаємодії, методи й моделі, що можуть її врахувати

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ (актуальність теми, мета роботи, об'єкт, предмет і методи дослідження та ін.). Розділ 1: підбір та аналіз джерел інформації за темою роботи. Розділ 2: теоретичні та методологічні засади механізму взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем в умовах зростання та територіального розвитку міст. Розділ 3: практична реалізація та підтвердження теорії. Загальні висновки. Перелік використаних джерел

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): мультимедійна презентація у форматі MS PowerPoint з кількістю слайдів не менш як 32

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Банах А. В., зав. каф. МБГ, доц.		
1	Банах А. В., зав. каф. МБГ, доц.		
2	Банах А. В., зав. каф. МБГ, доц.		
3	Банах А. В., зав. каф. МБГ, доц.		
Висновки	Банах А. В., зав. каф. МБГ, доц.		

5. Дата видачі завдання 28.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Огляд джерел інформації за темою роботи	14.10	
2	Вступ	23.10	
3	Розділ 1	06.11	
4	Розділ 2	20.11	
5	Розділ 3	27.11	
6	Формулювання висновків	30.11	
7	Розробка графічної частини	02.12	
8	Дооформлення роботи	04.12	
9	Попередній захист	07.12	

Студент

(підпис)

С. Ю. Летуновський

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

А. В. Банах

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

О. М. Фостащенко

(ініціали та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННА МІСТОБУДІВНА ПІДСИСТЕМА, ЇЇ СКЛАДОВІ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ	11
1.1 Концепція функціонування природно-техногенної містобудівної підсистеми в контексті сталого розвитку територій	12
1.2 Аналіз загальних принципів забезпечення надійності та конструктивної безпеки міської забудови	19
1.3 Непроєктні фактори, що впливають на стан містобудівних комплексів з тривалим терміном експлуатації	27
1.4 Висновки за розділом 1	33
РОЗДІЛ 2. ВЗАЄМОДІЯ ПРИРОДНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ ПІДСИСТЕМ В ПРОЦЕСІ МІСТОБУДІВНОГО ОСВОЄННЯ ТЕРИТОРІЙ	35
2.1 Прогнозне моделювання життєвого циклу містобудівних комплексів, що експлуатуються у природно-техногенному середовищі	35
2.2 Методика формування розрахункових моделей об'єктів міської збудови в умовах взаємодії природної та техногенної підсистем	41
2.3 Проблематика взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем	54
2.4 Фактори взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем	59
2.5 Причинно-наслідковий зв'язок факторів взаємодії природної та техногенної підсистем в процесі містобудівного освоєння територій	66
2.6 Параметри взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем	75
2.7 Висновки за розділом 2	79

РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ ПІДСИСТЕМИ В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ МІСТ	81
3.1 Характеристика та особливості інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов забудованих територій м. Запоріжжя	81
3.2 Аналіз взаємного впливу параметрів природної та техногенної містобудівних підсистем	89
3.3 Оптимізаційна модель природно-техногенної підсистеми	95
3.4 Висновки за розділом 3	102
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	103
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	104

ВСТУП

Актуальність теми. Місто – це продукт антропогенної діяльності, який розташовується у природному середовищі та включає в себе його елементи. Тому воно є природно-техногенним явищем і може визначене як матеріально-просторове природно-техногенне середовище.

В той же час можна виділити природну містобудівну підсистему, що включає в себе поверхню території з певним ландшафтом і біологічними комплексами, повітряний простір і надра, складені ґрунтами, підземними водами, річками, іншими водоймами; та техногенну, до якої відносяться штучні об'єкти – будівлі, наземні й підземні споруди, шляхопроводи, об'єкти благоустрою, інфраструктури, рекреаційні зони тощо. Таким чином, всі містобудівні та архітектурно-будівельні об'єкти техногенної системи знаходяться у постійній тісній взаємодії з природним середовищем протягом тривалого терміну, який може вимірюватись століттями.

Природа виступає двояко при формуванні міста – як умова і ресурс його розвитку; та як матеріальний компонент середовища, що відрізняється від техногенної системи характером і динамікою розвитку. В межах міста (техногенної підсистеми), де вихідні природні умови майже повністю змінені, першочерговим здається забезпечення необхідних гігієнічних умов для повсякденного життя мешканців населеного пункту. Це може досягатися як шляхом використання раціональних прийомів планування, забудови та інженерного забезпечення міста, так і шляхом відновлення окремих природних елементів. Тому предметом дослідження містобудівних систем має бути, з одного боку, просторова, територіальна, соціально-економічна та інші підсистеми міста, а з іншого – суто технічна підсистема, як найбільша матеріальна складова техногенної. В цьому ж полягає й вирішення екологічних проблем, і запобігання певним видам техногенних катастроф, а саме – в умінні передбачати наслідки тих чи інших змін середовища

(внаслідок будь-яких результатів взаємодії природної та техногенної підсистем), в тому числі тих, що на перший погляд здаються – і вважаються – малозначущими.

Прогнозування, врахування й розрахунок усіх змін середовища в результаті містобудівної діяльності має бути обов'язковою складовою частиною проєктного аналізу на всіх його рівнях – і на всіх стадіях життєвого циклу об'єктів міської забудови. Але для цього необхідно встановити, яким чином при проєктуванні та експлуатації протягом всього життєвого циклу будівель і споруд відбувається їх взаємодія з природно-техногенним середовищем, які саме фактори взаємодії потрібно брати до уваги, які наслідки з'являються в умовах взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем і в свою чергу впливають на подальше стале існування об'єктів міської забудови.

Параметри взаємодії природної та техногенної підсистем змінюються з часом від початку містобудівного освоєння територій й надалі – протягом всього періоду експлуатації та реконструкції територій. Створення математичної моделі, яка б включала ці параметри, їх взаємний вплив і змінення з часом, вирішить задачу прогнозування та розрахунку змін природно-техногенного середовища в результаті містобудівної діяльності в рамках проєктного аналізу на всіх його рівнях задля надійної та довговічної експлуатації об'єктів забудови, сталого і збалансованого розвитку територій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Випускна кваліфікаційна робота магістра виконана відповідно з планами науково-дослідних робіт кафедри міського будівництва і господарства Запорізького національного університету № 0120U104927 «Забезпечення сталого розвитку територій у галузях містобудування, архітектури, будівництва та житлово-комунального господарства» та № 2-1ДВ/18 «Формування системи архітектурно-конструктивних заходів безпеки та параметрів міцності при проєктуванні та реконструкції будівель і споруд, а також при інженерному перетворенні щільно-забудованих міських

територій». В основу роботи покладено теоретичні дослідження та практичні розробки у напрямку моделювання містобудівних систем, об'єктів і комплексів міської забудови.

Мета дослідження – створення оптимізаційної моделі природно-техногенної містобудівної підсистеми в умовах зростання та територіального розвитку міст.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначені та вирішені такі основні **задачі**:

- огляд і аналіз наукової літератури, законодавства і технічної документації, вивчення світового й вітчизняного науково-практичного досвіду за темою дослідження;

- визначення непроектних факторів, що впливають на стан містобудівних комплексів з тривалим терміном експлуатації;

- адаптація засобів формування розрахункових моделей об'єктів міської забудови та методик моделювання життєвого циклу містобудівних комплексів, що експлуатуються у природно-техногенному середовищі;

- виявлення недоліків існуючих методів і комп'ютерних моделей для розрахунку будівель і споруд, що експлуатуються в умовах ущільненої міської забудови та знаходяться під сукупною дією статичних і динамічних навантажень, а також сукупності супроводжуючих зовнішніх факторів;

- вдосконалення системи факторів взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем у процесі містобудівного освоєння територій, виявлення їх причинно-наслідкових зв'язків факторів взаємодії природної та техногенної підсистем;

- визначення головних параметрів взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем;

- аналіз взаємного впливу параметрів природної та техногенної містобудівних підсистем;

- побудова оптимізаційної моделі природно-техногенної підсистеми в умовах зростання та територіального розвитку міст.

Об'єктом дослідження є взаємний вплив параметрів взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем в умовах зростання та територіального розвитку міст.

Предметом дослідження визначено взаємодію природної та техногенної містобудівних підсистем.

Методи дослідження. Теоретичні методи дослідження стану об'єктів містобудування, що базуються на теорії пружності та пластичності та методах будівельної механіки; обчислювальні методи розрахунку будівель і споруд (метод скінченних елементів); експериментальні методи визначення технічного стану міських об'єктів; методи системотехніки; методи математичного моделювання (регресивний, зворотної регресії тощо).

Джерела дослідження. Під час дослідження теми були використані: наукові статті, періодичні видання, монографії, розробки дисертаційних рукописів, звіти спеціалізованих організацій; інтернет-ресурси наукової електронної бібліотеки періодичних видань НАН України та інші.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше створено оптимізаційну модель природно-техногенної містобудівної підсистеми в умовах зростання та територіального розвитку міст.

Вдосконалено систему чинників природно-техногенної містобудівної підсистеми, обґрунтовано їх взаємний вплив.

Дістала подальшого розвитку уточнююча методика розрахунку об'єктів містобудування та їх комплексів в умовах існуючої забудови, перевірочними розрахунками доведена ефективність застосування запропонованих залежностей.

Дістав подальшого розвитку спосіб перевірки достовірності результатів моделювання об'єктів містобудування та їх комплексів в умовах існуючої забудови за експериментальними дослідженнями їх розрахункових параметрів в ході натурних обстежень.

Практичне значення одержаних результатів. Доведена необхідність урахування впливу сукупності зовнішніх факторів, таких як

складні інженерно-геологічні умови, оточуюча забудова, транспортні шляхи тощо, при визначення (перевірці) стану міських об'єктів. Створено оптимізаційну модель, яка дозволить прогнозувати можливі погіршення показників надійності та довговічності будівель, споруд, інших об'єктів міської забудови у довготривалій перспективі, а також раціонально планувати розвиток міст і вид забудови у питанні функціонального призначення територій в залежності від фактичних природних умов.

Апробація результатів роботи. Основні положення кваліфікаційної роботи доповідалися на XXV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ на кафедрі міського будівництва і господарства у 2020 р. (Летуновський С. Ю., Банах А. В. Вплив технічних характеристик території на вартість земельних ділянок під міську багатоповерхову забудову. Матеріали XXV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІННІ ЗНУ (Запоріжжя, 24-27.11.2020 р.). Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 410 с. С. 274-276), а також на IV спеціалізованому міжнародному запорізькому екологічному форумі «Еко Форум 2020» (Летуновський С. Ю., Банах А. В. Моделювання змінення рівня ґрунтових вод на міських територіях. Еко Форум 2020 : збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного запорізького екологічного форуму, 15-17 жовтня 2020 р. Запоріжжя: Запорізька міська рада; Запорізька торгово-промислова палата, 2020. 500 с. С. 242-244).

РОЗДІЛ 1

ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННА МІСТОБУДІВНА ПІДСИСТЕМА, ЇЇ СКЛАДОВІ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ

Місто – це продукт антропогенної діяльності, який розташовується у природному середовищі та включає в себе його елементи. Тому воно є природно-техногенним явищем і може визначене як матеріально-просторове природно-техногенне середовище [1].

В той же час можна виділити природну містобудівну підсистему, що включає в себе поверхню території з певним ландшафтом і біологічними комплексами, повітряний простір і надра, складені ґрунтами, підземними водами, річками, іншими водоймами; та техногенну, до якої відносяться штучні об'єкти – будівлі, наземні й підземні споруди, шляхопроводи, об'єкти благоустрою, інфраструктури, рекреаційні зони тощо. Таким чином, всі містобудівні та архітектурно-будівельні об'єкти техногенної системи знаходяться у постійній тісній взаємодії з природним середовищем протягом тривалого терміну, який може вимірюватись століттями.

Природа виступає двояко при формуванні міста – як умова і ресурс його розвитку; та як матеріальний компонент середовища, що відрізняється від техногенної системи характером і динамікою розвитку. В межах міста (техногенної підсистеми), де вихідні природні умови майже повністю змінені, першочерговим здається забезпечення необхідних гігієнічних умов для повсякденного життя мешканців населеного пункту. Це може досягатися як шляхом використання раціональних прийомів планування, забудови та інженерного забезпечення міста, так і шляхом відновлення окремих природних елементів. Тому предметом дослідження містобудівних систем має бути, з одного боку, просторова, територіальна, соціально-економічна та інші підсистеми міста, а з іншого – суто технічна підсистема, як найбільша матеріальна складова техногенної. В цьому ж полягає й вирішення

екологічних проблем, і запобігання певним видам техногенних катастроф, а саме – в умінні передбачати наслідки тих чи інших змін середовища (внаслідок будь-яких результатів взаємодії природної та техногенної підсистем), в тому числі тих, що на перший погляд здаються – і вважаються – малозначущими [2].

Прогнозування, врахування й розрахунок усіх змін середовища в результаті містобудівної діяльності має бути обов'язковою складовою частиною проєктного аналізу на всіх його рівнях [3] – і на всіх стадіях життєвого циклу об'єктів міської забудови. Але для цього необхідно встановити, яким чином при проєктуванні та експлуатації протягом всього життєвого циклу будівель і споруд відбувається їх взаємодія з природно-техногенним середовищем, які саме фактори взаємодії потрібно брати до уваги, які наслідки з'являються в умовах взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем і в свою чергу впливають на подальше стале існування об'єктів міської забудови.

1.1 Концепція функціонування природно-техногенної містобудівної підсистеми в контексті сталого розвитку територій

Одними з напрямків регіональної політики є демографічна політика та політика урбанізації, зокрема їх регіональні аспекти, а також тісно пов'язані з ними регіональне планування і програмування. Основна соціально-економічна діяльність в регіональній політиці пов'язана з територіальним поділом праці, формуванням народногосподарських комплексів, економічним районуванням, а також із загальнодержавним плануванням (програмуванням) соціально-економічного розвитку та розміщенням продуктивних сил. Окремими складовими структури регіональної політики при цьому є економічна, промислова, соціальна, житлова, демографічна,

екологічна, науково-технічна та ін. [4, с. 629].

Першою значущою проблемою територіального розвитку України є незбалансованість цих частин із переважаючим домінуванням промислової та економічної над екологічною і соціальною, що є недопустимим в контексті концепції сталого розвитку. Домінування поширюється на всі адміністративно-територіальні одиниці держави й призводить до розбіжностей і невідповідності між стратегіями розвитку за напрямками територіальної політики.

Особливу увагу необхідно приділити проблемі розділення понять «економічне планування» та «фізичне планування», які вже традиційно розглядаються окремо одне від одного (див. [5, с. 97]). Проте успіх певного регіону або держави часто залежить від ступеню узгодженості регіонального планування та регіональної політики, їх відповідності одне одному.

Планування населених пунктів виступає одним з головних інструментів як державної, так і регіональної політики урбанізації. Вкрай помірковано треба ставитися до того, що існуючі плани міст узгоджені з загальнодержавною політикою щодо зростання, а отже передбачають нарощування житлового фонду та розширення економічної активності в усіх містах, незважаючи на різні умови на місцях.

Зазначається, що у сфері міського планування та просторового розвитку необхідно враховувати невинні демографічні зміни та трансформації, що відбуваються в країні. На даний час мобільність залишається низькою, а висока частка житла у власності стала перешкодою на шляху залишення житла мешканцями, що є проблемою, характерною для європейських та американських міст, населення яких скорочується. Коли ж мобільність зросте, а люди почнуть мігрувати в напрямку наявних можливостей, чисельність населення тих міст, де вона зменшувалась, буде, скоріше за все, падати ще швидше, тоді як у центрах і агломераціях, що розвиваються, може спостерігатися розростання передмість і розповзання міст. В обох цих ситуаціях владі доведеться переглянути свої підходи до

планування розвитку та утримання інфраструктури, щоб уможливити подальше надання послуг на прийнятному рівні за прийнятною вартістю в містах, населення яких зменшується, та надати сприяння в подальшому зростанні тим міським центрам, населення яких зростає [6, с. XIX].

Як можна побачити, головна увага приділяється економічним і демографічним аспектам, і хоча вони без сумніву є передумовами до територіального планування, суто технічні питання містобудування залишаються на розсуд відповідних фахівців, які мають діяти в межах нормативно-технічної документації та законодавчому полі, яким властива значна інерційність. Включення ж технічного напрямку до засад територіальної політики на всіх її рівнях (національному, регіональному та місцевому/міському) сприяло б прискоренню оптимізації і розвитку насамперед законодавства, включаючи технічні нормативи, й надало професіоналам підґрунтя для реалізації містобудівних потреб, які відповідали б викликам сучасності.

Отже, друга значуща проблема, що має місце, – наявність «потенційного бар'єру» між законодавчими й нормативними вимогами у суміжних і взаємопов'язаних галузях (регіональна політика та регіональне/територіальне планування, містобудування та будівництво і т.д.), що призводить до протилежностей між плануванням та результатами реалізації цих планів.

Повертаючись до концепції сталого розвитку, яка базується на об'єднанні трьох основних точок зору – економічної, соціальної та екологічної, – можна зазначити, що узгодження цих різних поглядів та їх застосування у вигляді конкретних заходів, які є засобами досягнення сталого розвитку – завдання величезної складності, оскільки елементи сталого розвитку мають розглядатися збалансовано та з урахуванням механізмів взаємодії всіх складових.

Розуміння сталого розвитку інтерпретується в залежності від певних інтересів та переважно зупиняється лише на економічній складовій – і це є

третя значуща проблема. Із досягненням економічних цілей асоціюється вирішення інших питань, однак у тривалій гонитві за прибутком кількість екологічних і соціальних проблем зростає в геометричній прогресії. Обмеженість лише соціальною, лише екологічною сторонами або будь-якою комбінацією двох складових концепції сталого розвитку також не ефективна.

Проте, якщо проаналізувати екологічні погляди, згідно яким сталий розвиток має забезпечувати цілісність біологічних і фізичних природних систем, можна дійти висновку, що особливе значення має життєздатність екосистем, від яких залежить глобальна стабільність всієї біосфери. Більш того, поняття екосистем і ареалів проживання можна розуміти широко, включаючи в них створене людиною середовище – таке як міста. Стимулювання сталого розвитку зберігається на будь-яких рівнях – місцевих, регіональних, національних систем та ін. [7].

Стійке або стабільне місто асоціюється перш за все з екологічно чистим містом, еко-містом [8]. Екологічні міста формуються шляхом застосування різних взаємопов'язаних заходів, до яких відносять, зокрема:

- зменшення розростання міст, пошук нових шляхів, що дозволять людям жити ближче до місця роботи;
- проєктування житлових кварталів з урахуванням оптимальної щільності забудови, щоб зробити громадський транспорт життєздатним (при цьому уникнути створення міських островів тепла);
- покращення системи громадського транспорту і збільшення пішохідних зон для скорочення автомобільних вихлопів, проєктування автошляхів із попередженням потенційних ускладнень руху (є необхідним зовсім інший підхід до планування міста, з продуманою інтеграцією ділових, промислових та житлових зон);
- ксероландшафтинг (садове і ландшафтне проєктування зі збереженням чистої води та мінімізацією потреб у воді для поливу);
- стійкі міські дренажні системи та ін.

Із наведеними заходами корелюють вибрані усучаснені й також

взаємопов'язані цілі сталого розвитку України [9, с. 3]:

- забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст і населених пунктів;
- створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохоплюючій і сталій індустріалізації та інноваціям;
- забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва.

Треба зазначити, що до виробництва також відноситься й галузь будівництва, а будівлі, споруди, їх комплекси, інші об'єкти будівництва є виробами, до якості яких висуваються певні вимоги. Крім того, будівельні об'єкти є складовими територіальної забудови як містобудівної системи. Таким чином, декларується використання раціональних моделей виробництва і споживання – відповідно, будівництва та експлуатації, – будівель, споруд, їх комплексів, забудови в цілому (кварталів, мікрорайонів, районів та ін.), які й потребують оптимізації, вдосконалення, розробки.

Непрямими цілями, тісно пов'язаними зі сталим розвитком міських територій, також є:

- захист та відновлення екосистем суші та сприяння їх раціональному використанню, припинення і розвертання процесу деградації земель та зупинка процесу втрати біорізноманіття;
- забезпечення наявності та раціонального використання водних ресурсів, збереження та раціональне використання морів і морських ресурсів;
- вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та його наслідками [9, с. 3].

Можна висунути гіпотезу, що при належному моделюванні процесів споживання і виробництва інші вказані прямі й непрямі цілі будуть досягнуті автоматично у повному обсязі, або будуть потребувати незначних корегувань з часом і зміною вихідних факторів (потреб, пріоритетів, векторів розвитку).

Якщо торкнутися аспекту планування та управління розвитком міст і регіонів, то така діяльність вважається не тільки економічною, соціальною чи

містобудівною, але й певною мірою філософською, що обумовлено різноманіттям об'єктів життєдіяльності людини. Все оточуюче людину середовище складається з чотирьох взаємопов'язаних складових:

- 1) нежива природа;
- 2) жива природа (біологічний світ);
- 3) техногенна сфера (все, що створене людьми);
- 4) люди, населення, людство в цілому [5, с. 169].

Можливості людей впливати на природу обмежені законами, які людина не спроможна змінити. В цьому сенсі люди не управляють і не здатні управляти природою, вони можуть лише використовувати природні ресурси і процеси, спираючись на знання закономірностей природних явищ їх саморегуляції [10].

Якщо людина, спираючись на біологічні закони, впливає на поведінку живих істот, використовують в своїх цілях біологічні технології, то має місце управління об'єктами живої природи, але обмежене її законами. Люди спроможні управляти соціальними процесами, а також неживою природою, видобуваючи сировину, використовуючи природну енергію, зводячи споруди.

Якість, життєстійкість і безпека міст в тому числі пов'язана з безпечною експлуатацією міської забудови, окремих будівель і споруд зокрема [11]. Основні вимоги до будівель і споруд полягають у забезпеченні механічного опору та стійкості, а також безпеки й доступності в експлуатації [12]. І якщо перша вимога деталізована в нормах [13], то питання безпечної експлуатації наразі не акцентовано і частково розглянуто в [14]. Цей суто технічний будівельний аспект веде до ще однієї значної проблеми.

Підсумовуючи зазначене вище, можна констатувати, що в Україні спостерігаються розбалансованість складових концепції сталого розвитку та, як наслідок, розбіжності й невідповідності між стратегіями розвитку за напрямками територіальної політики усіх рівнів. Приведення розвитку до балансу між екологією, економікою та соціальною сферами має бути

завданням як державної, так і регіональної, територіальної політики.

Між законодавчими й нормативними вимогами у суміжних і взаємопов'язаних галузях (наприклад, містобудування та будівництво), наявний «потенційний бар'єр», що призводить до протилежностей між планами і результатами їх реалізації. Включення до законодавства й технічних норм суміжних галузей перехресних посилань, які пов'язували та пояснювали б одні й ті самі вимоги.

Недосконалість й недостатній розвиток нормативної бази будівельної галузі України не дозволяє виконувати вимоги законодавства – зокрема, Технічного регламенту. Змінам такого становища сприяла б оптимізація норм шляхом включення узагальнюючих вимог до нормативів вищого рангу. Наприклад, замість включення однієї і тієї ж вимоги в купу документів стосовно експлуатації будівель і споруд, можна ввести її у документ, регламентуючий містобудівну діяльність.

При належному моделюванні процесів будівництва і експлуатації об'єктів міської забудови, зазначені цілі сталого розвитку України будуть досягнуті автоматично у повному обсязі, або будуть потребувати незначних корегувань з часом і зміною вихідних параметрів. З цією метою доцільно розробити теорію та методологію взаємодії природної та техногенної підсистем в процесі містобудівного освоєння територій, екстраполювавши технічні вимоги до будівель і споруд на рівень містобудівних одиниць – кварталів, мікрорайонів, районів, функціональних зон міст і населених пунктів. Результатом застосування такої теорії мають бути рекомендації щодо функціонального призначення при плануванні забудови або реконструкції (реновації, санації, рекультивациі), розвитку, стабільності техніко-економічних показників впродовж якомога довшого терміну без необхідності значних змін з причин впливу природних факторів, а також без згубних для природної системи міст інженерних перетворень територій.

1.2 Аналіз загальних принципів забезпечення надійності та конструктивної безпеки міської забудови

До об'єктів міської забудови відносяться будівлі різного призначення, споруди інженерно-транспортної інфраструктури, наземні й підземні споруди, інженерні мережі, інші складові містобудівних систем [15]. Надійність, довговічність і конструктивна безпека – одні з головних властивостей таких об'єктів, чисельні характеристики яких призначаються на стадії проєктування та повинні незмінно зберігатися на протязі всього життєвого циклу, що включає найдовший етап – експлуатацію [16].

Нажаль, у період експлуатації об'єктів міської забудови зовнішні навантаження та дії на елементи їх несучих конструкцій збільшуються внаслідок впливу різноманітних факторів, починаючи із змін у нормах проєктування (наприклад, [17]) щодо значень характеристичних (нормативних) навантажень і закінчуючи виникненням екстремальних ситуацій, що супроводжуються значними непроєктними навантаженнями. В той же час технічний стан несучих конструкцій та в цілому об'єктів забудови з часом погіршується, що супроводжується в тому числі негативними процесами у товщі ґрунтів основ, які знаходяться в складних інженерно-геологічних умовах. Враховуючи наявний технічний стан більшої частини фонду нерухомого майна міст і селищ (наприклад, нормативні терміни експлуатації житлових будівель типових серій повністю або майже вичерпані), питанням надійності, довговічності та конструктивної безпеки об'єктів саме на стадії експлуатації слід приділяти особливу увагу.

Вимоги до будівель і споруд регулюються Державними будівельними нормами, Державними стандартами України (ДСТУ) та іншою документацією. Одним з основних нормативних документів системи забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів є [13] (далі – ДБН), що вказано у першому абзаці п. 1.3 цього ДБН. Доречи, саме тут

зустрічається терміни «реконструкція» та «експлуатація» у сенсі стадій життєвого циклу об'єкта будівництва, та як раз про особливості їх застосування піде мова далі.

Розглянемо детальніше зміст і проаналізуємо загальні положення забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівельних об'єктів, викладені в [13] (далі у статті при вказанні номерів розділу, пункту, підпункту, абзацу або додатку мається на увазі зміст цього ДБН, якщо не вказано окремо).

Починаючи з області свого застосування (п. 1.1), дані норми розповсюджуються на будівельні об'єкти, конкретизуючи вид об'єкту (будівлі та споруди). В додатку А вказано досить широкий перелік будівельних об'єктів, що дозволяє прийняти терміни «будівельний об'єкт» і «об'єкт міської забудови» (далі – об'єкт) тотожними. В той же час відсутня конкретика щодо стадії життєвого циклу об'єкту.

П. 1.3 розширяє сферу застосування ДБН в законодавчій площині й позиціонує його як керівний документ при розробці інших будівельних норм, стандартів, інших документів по проєктуванню, будівництву об'єктів – а також їх реконструкції та експлуатації; крім того, декларує орієнтованість на забезпечення уніфікації підходів до питань надійності й безпеки у нормативних документах, що регламентують всі етапи життєвого циклу об'єкту. Запам'ятаємо п. 1.3 – тут зустрічаються чи не єдині два рядки про реконструкцію та експлуатацію об'єктів у ДБН, що розглядається.

Наступного разу про вказані етапи життєвого циклу об'єкту читаємо на с.7 у пп. 4.1.1:

«4.1.1 Встановлена надійність повинна забезпечуватись на всіх етапах життєвого циклу об'єкту, а саме: вишукування...; ...; освоєння будівельного майданчика (інженерна підготовка території)...; ...; використання об'єкту за призначенням на протязі встановленого терміну експлуатації, оцінка технічного стану, ремонт; реконструкція і подальше використання в нових умовах; ...»

Здавалося б, початок пункту 4.1 «Основні положення» розділу 4 «Загальні вимоги» повинен привертати увагу, але, по-перше – інженеру потрібен конкретний інструмент (методика), який він знаходить далі за змістом ДБН (відповідно, загальні положення не вивчаються); по-друге – має місце психологічний ефект втрачання інформації, коли конкретні терміни «експлуатація» та «реконструкція», що несуть чітко визначений сенс, губляться на тлі фрази в цілому; й по-третє (чи не найважливіше) – на різних етапах життєвого циклу об'єктом займаються різні інстанції: від проєктної організації (частіше декількох) в період вишукування та проєктування, будівельної компанії під час зведення до власника (замовника) та обслуговуючого підприємства (частіше декількох) на стадії експлуатації. При реконструкції об'єкта маємо приблизно таку ж схему.

В результаті проєктні організації керуються власним набором нормативної документації (або окремих її частин, розділів), що «часто використовуються», будівельна організація – своїм власним, обслуговуюче підприємство – своїм, і такі «загальні положення», принципів для всього життєвого строку об'єкту, втрачаються – навіть в межах цього ж ДБН, що розглядається.

Вже в наступному пп. 4.1.2, де має йти мова про залежність від етапу життєвого циклу вказівок стосовно надійності, вказано виключно про проєкт об'єкту, сам об'єкт, що проєктується, а також про «визначення умов змін окремих характеристик об'єкту (його складових частин) або режиму його використання», під чим слід розуміти «реконструкцію» (знову ефект втрачання інформації). Тобто, якщо термін «реконструкція» ще має на увазі, то термін «експлуатація» вже зник у явному вигляді.

За виключенням розділів ДБН, де наведено методики визначення окремих експлуатаційних характеристик, терміни «експлуатація» та «реконструкція» зустрічаються в пп. 9.1.2 п. 9.1 «Загальні положення» розділу 9 «Контроль і нагляд» – у якості процесів або результатів процесів, що підлягають контролю.

Лише в пп. 4.5.4 п. 4.5 «Запобігання небезпек» йдеться про вимоги до експлуатаційної документації, що передається проєктувальником замовнику, а саме про «прийняті технічні рішення й необхідні організаційні заходи, направлені на виявлення аварійних ситуацій, запобіганню аварій і гарантування безпеки». Але це вже має відношення до іншого аспекту проблеми, що розглядається.

Інший аспект проблеми, пов'язаної із забезпеченням надійності та конструктивної безпеки об'єктів, частково викладений у [18] і полягає у впливі нового об'єкта й будівельних процесів при його зведенні на напружено-деформований і, як наслідок, на технічний стан об'єктів оточуючої забудови. В ДБН, що розглядається, в п. 4.2 «Умови експлуатації та вплив навколишнього середовища. Урахування небезпек» під одним із зовнішніх факторів, які діють на об'єкт і які необхідно враховувати при проєктуванні об'єкта, можна розуміти оточуючу забудову.

В той же час жодним чином не регламентується зворотна ситуація: вплив комплексу робіт з будівництва нового об'єкта на існуючі будівлі або споруди. Лише в пп. 5.1.2 п. 5.1 «Класи наслідків (відповідальності) будівель і споруд» знаходимо «втрату пам'ятників історії та культури або інших духовних цінностей суспільства» та «різке погіршення екологічного стану в прилеглий до об'єкта місцевості», тобто необхідність врахування впливу об'єкта, що проєктується, простежується вкрай опосередковано, для вельми обмеженого переліку будівель і споруд.

Стосовно будівельних конструкцій, а не об'єкту в цілому, прописано в п. 7.2 «Розрахункові значення навантажень і впливів», пп. 7.2.9: «При визначенні розрахункових значень навантажень і впливів на конструкції, що експлуатуються, враховуються ... дані ..., отримані в результаті статистично-експериментальних досліджень». Подібне узагальнення, звісно, передбачає будь-яку сукупність зовнішніх факторів, які впливають на конструкції об'єктів, що експлуатуються, в тому числі можна враховувати вплив нового будівництва на оточуючу забудову, але так само, як і в попередніх випадках,

деталізація відсутня, а зв'язок між загальною вимогою цього ДБН та чіткими вказівками інших нормативних документів втрачається.

Також треба відзначити одну особливість ДБН, яка зустрічається в тексті на кожній сторінці (іноді декілька разів) та яка тісно пов'язана з розглянутими аспектами: це концентрація уваги інженера на об'єкті, що проектується. Часто зустрічаються словосполучення «сам об'єкт», «об'єкт, що проектується», «проект», тому складається хибне враження, начебто ДБН призначений лише для об'єктів нового будівництва.

Що стосується необхідності й важливості врахування впливу комплексу будівельних робіт із зведення нових об'єктів на об'єкти, що експлуатуються, то в роботі [18] з'ясовано, що такий вплив не тільки відповідає дійсному напружено-деформованому стану (НДС) несучих конструкцій будівель і споруд, але й кількісно, й навіть якісно змінює параметри НДС конструктивних елементів при однакових інших умовах у порівнянні з варіантом, у якому цей вплив не враховується.

Для будівель, споруд, інших об'єктів міської забудови з тривалим терміном експлуатації, що наближається до граничного значення нормативного терміну, а тим більше якщо цей термін вичерпаний, здійснення нового будівництва поряд з великою вірогідністю може виявитися причиною погіршення технічного стану об'єктів, що експлуатуються, аж до аварійного. Отже, цей фактор можна вважати чи не найвпливовішим при визначенні надійності, довговічності та конструктивної безпеки об'єктів міської забудови.

Ганебним прикладом нехтування наявності оточуючої забудови, стало зведення чергового торгівельно-розважального комплексу в м. Київ над спорудою станції столичного метрополітену «Героїв Дніпра». В результаті несучі конструкції підземної споруди знаходяться в стані нехарактерної роботи під дією непроєктних навантажень, в результаті чого вже отримали надмірні деформації (рис. 1.1).

Окрім деформацій несучих конструкцій споруди станції метро,

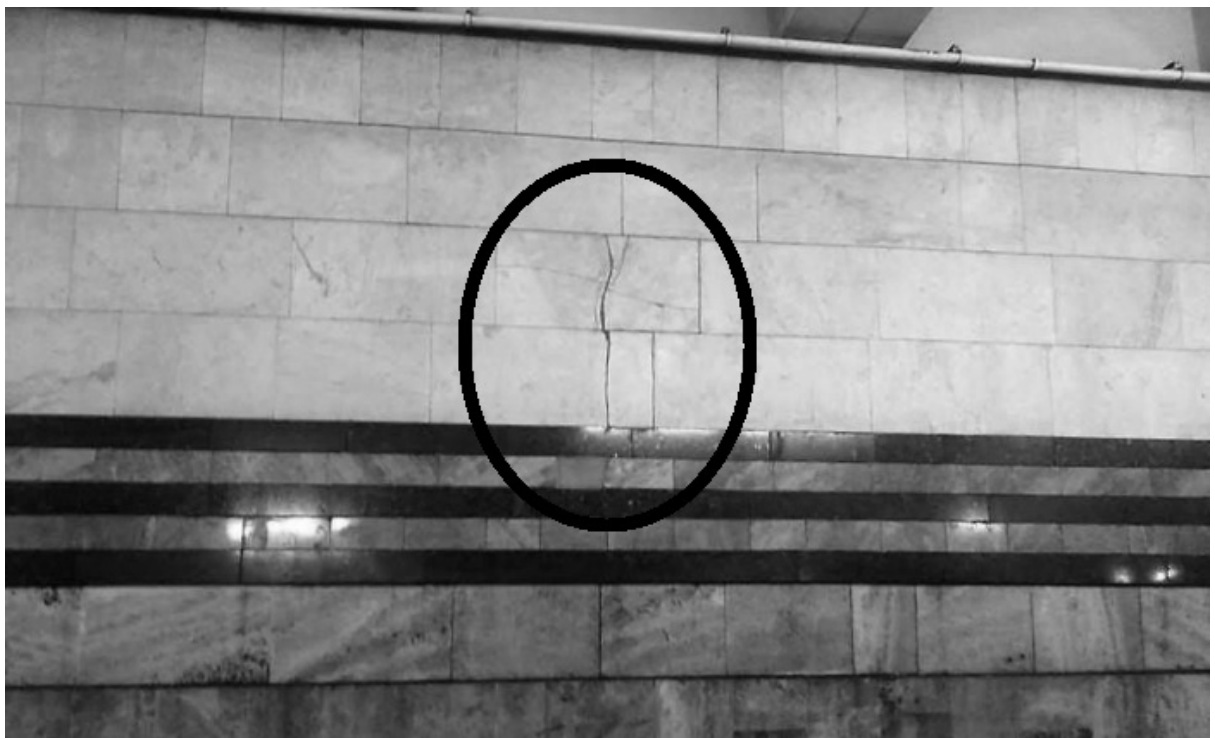
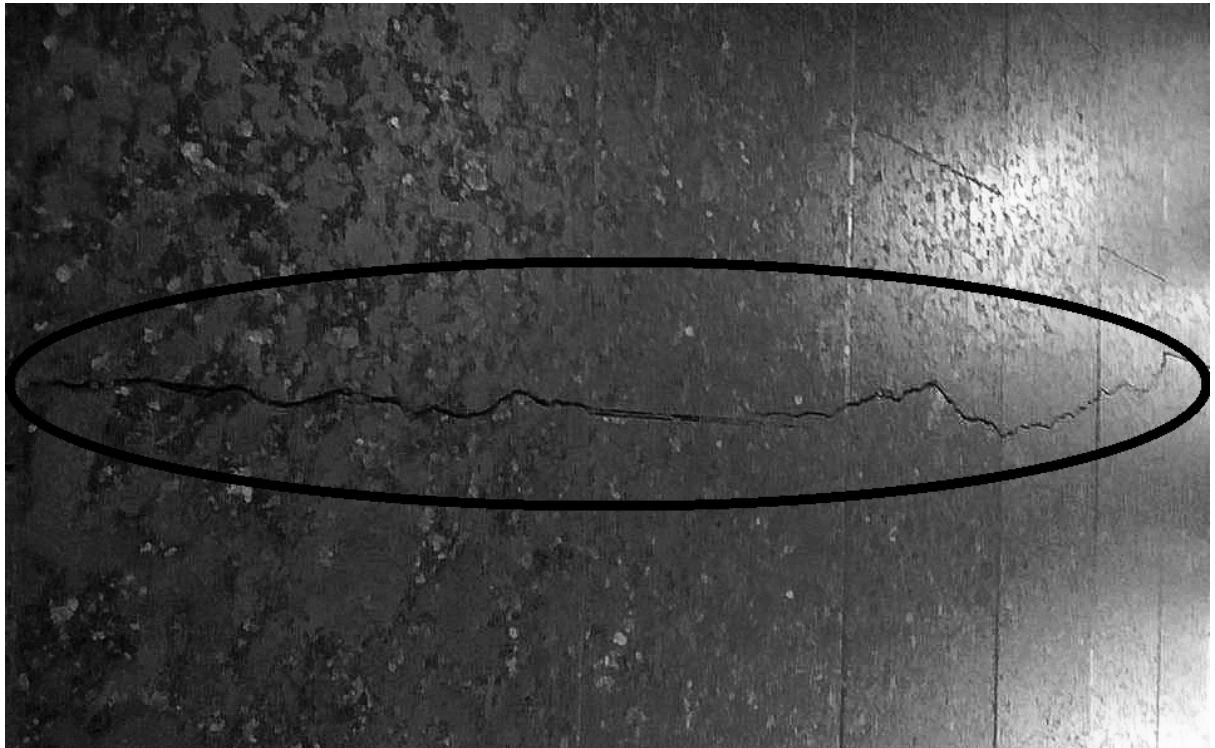


Рисунок 1.1 – Тріщини в результаті надмірних деформацій конструкцій споруди станції метро

отриманих в результаті проведення будівельних робіт, мають місце

пошкодження окремих конструктивних елементів, які знижують надійність та погіршують технічний стан як самого елемента, так і споруди в цілому. Навіть закладення отвору в перекритті, який показано на рис. 1.2, не відновить несучу здатність елемента конструкції, й відповідно надійність конструкції, до первісного значення.



Рисунок 1.2 – Пошкодження конструкцій покриття споруди станції метрополітену

Нажаль, подібні приклади в містах України непоодинокі. Таким чином, здійснення нового будівництва в умовах міської забудови, переважно щільної, складеної об'єктами з тривалими термінами експлуатації із урахуванням сукупності інших ускладнюючих факторів (складні інженерно-геологічні умови, неконтрольована зовнішня й внутрішня реконструкція будівель і споруд, близькість виробництв із значними динамічними навантаженнями тощо) якісно впливає на погіршення технічного стану об'єктів існуючої міської забудови. Чіткі вимоги до врахування впливу нового будівництва на об'єкти, що експлуатуються, введені як в основний нормативний документ, так і в розроблені на його основі, дозволять

ретельніше підходити до планування й проєктування нових об'єктів, забезпечити надійність і конструктивну безпеку існуючих об'єктів й тим самим зберегти фонд нерухомого майна держави.

Резюмуючи вищесказане, можна констатувати, що ДБН [13] містить положення, придатні до застосування на етапах планування будівництва та проєктування об'єктів. Вимоги до надійності та конструктивної безпеки об'єктів на етапах експлуатації та реконструкції не є чіткими та потребують детальності не тільки в рамках окремих документів, але й в основному нормативі системи забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів.

Окрім деталізації вимог та у її рамках слід регламентувати врахування впливу будівельних процесів зведення нових об'єктів на надійність, довговічність і конструктивну безпеку об'єктів, що експлуатуються, особливо якщо вони знаходяться у незадовільному технічному стані, експлуатація здійснюється тривалий період або термін їх експлуатації вичерпаний чи близький до цього.

Крім того, у ДБН бажано було б зробити набагато більший акцент на етапах реконструкції та особливо експлуатації об'єктів і, відповідно, додати перехресні посилання на нормативи з реконструкції та експлуатації, де в свою чергу вимоги до конструктивної безпеки, надійності й довговічності об'єктів наведені більш детально.

В той же час, документ [13] має всі передумови для вдосконалення, універсалізації та адаптування до сучасних реалій будівництва шляхом впровадження результатів новітніх досліджень в області забезпечення надійності та конструктивної безпеки об'єктів міської забудови на всіх стадіях їх життєвого циклу, зокрема реконструкції та експлуатації.

1.3 Непроєктні фактори, що впливають на стан містобудівних комплексів з тривалим терміном експлуатації

Значна кількість об'єктів, що входять до складу різноманітних містобудівних комплексів, не досягає кінця нормативного терміну експлуатації в технічному стані, який можна було б визначити як нормальний або задовільний. Наприклад, сьогодні у м. Запоріжжя за даними міської ради лише у житловому секторі налічується більше 60 багатоквартирних будинків, технічний стан яких визначений як непридатний до нормальної експлуатації [19] (фактично – аварійний). Це складає близько 2 % від загальної кількості багатоквартирних житлових будинків міста, половина з них – 9-поверхові типових серій 1-480, 480А і 96 з двох та більше блок-секцій [20]. Всі будівлі потребують негайного капітального ремонту, який за чинними нормативними документами передбачає призупинення на час його виконання експлуатації об'єктів [21], для житлових будинків – відселення мешканців.

З цього витікає соціальний аспект проблеми незадовільного технічного стану будівель і споруд – відсутність достатньої кількості навіть тимчасово вільного житла для гідного розміщення відселених сімей на період капітального ремонту, але в цьому дослідженні детальніше зупинимося на технічній стороні питання.

Метою даного дослідження є визначення та обґрунтування необхідності врахування у розрахунках будівель і споруд деяких непроєктних факторів, що виникають в процесі експлуатації та впливають на напружено-деформований стан будівельних конструкцій. Задачами дослідження є визначення проєктних і непроєктних факторів впливу на будівлі та споруди, аналіз ступеню їх значущості при перевірочних і проєктних розрахунках будівельних конструкцій, обґрунтування необхідності врахування у розрахунках тих чи інших непроєктних факторів.

Вид деформацій, який притаманний переважній більшості об'єктів

забудови, що знаходяться у непридатному до подальшої експлуатації технічному стані, є крен [22]. Основними причинами наднормативних кренів деформованих будівель і споруд є нерівномірні осадки та просідання ґрунтів основ їх фундаментів. Ще одним очевидним фактором впливу є наявність уклону місцевості, схилів. Вплив цих безпосередніх факторів можна легко визначити за зовнішніми ознаками, але вже після того, як деформації відбудуться і технічний стан об'єкту погіршиться.

Звісно, з певного періоду обов'язково визначаються інженерно-геологічні умови майданчику будівництва, а наведені фактори враховуються у розрахунках будівельних конструкцій, фундаментів і основ будівель і споруд. При проєктуванні та зведенні у разі наявності в ґрунтовій товщі основ фундаментів просідаючих шарів передбачаються та застосовуються конструктивні заходи проти просідання (використання паль, влаштування плитних фундаментів, монолітних залізобетонних поясів та ін.), так само як і різноманітні способи закріплення та зміцнення ґрунтів основ. Враховується навіть утворення воронок просідання під будівлею або поблизу неї внаслідок можливих аварій водоносних комунікацій і замочування просідаючих ґрунтів [23]. Але в багатьох випадках це не є запорукою надійної та безпечної експлуатації об'єкту протягом всього нормативного терміну.

В той же час однією з основних вимог технічних нормативно-правових документів, що висуваються до об'єктів забудови, є забезпечення механічного опору та стійкості протягом всього життєвого циклу, який повністю включає нормативний термін експлуатації [12, 13].

Проєктними є фактори впливу на будівлі та споруди, які враховувалися на стадії проєктування при розрахунку їх будівельних конструкцій. Це навантаження та дії, що зазначені у [17] і ряді інших нормативних документів:

- власна вага конструкцій і ґрунтів;
- корисне навантаження від обладнання, людей, тварин, матеріалів і виробів, що складуються;

- навантаження від снігу;
- навантаження від тиску вітру;
- температурно-кліматичні дії;
- ожеледно-вітрові навантаження.
- динамічні дії вагового обладнання (при наявності);
- сейсмічні впливи (при необхідності, обумовленій [24]).

Для виробничих будівель, крім того, враховуються навантаження від кранів. Для всіх типів будівель і споруд обов'язково потрібно враховувати зміну значень навантажень, наведених у відповідних нормах, чинних на момент проєктування реконструкції або технічного переоснащення. Також при наявності в основах фундаментів просідаючих ґрунтів необхідно керуватися нормами [25].

В процесі тривалої експлуатації об'єкти забудови зазнають впливу непроєктних факторів, які не враховувалися при проєктуванні та в разі виникнення можуть призводити до різкого погіршення технічного стану будівель і споруд. Непроєктні фактори переважно є наслідком діяльності людини, отже їх також можна назвати техногенними:

- зміна нормативних значень навантажень і дій;
- початкові деформації будівельних конструкцій;
- стихійна реконструкція будівель і споруд;
- зведення нових об'єктів поряд;
- тимчасові ґрунтові умови;
- витоки з водоносних комунікацій;
- просочування ємностей і комунікацій хімічних речовин (для виробничих будівель);
- зміна початкових природних умов території забудови.

Фактор зміни значень навантажень і дій, наведених у відповідних нормах, чинних на момент проєктування реконструкції або технічного переоснащення будівель і споруд, очевидний. При будь-яких діях з об'єктом забудови, який експлуатувався тривалий час, в перевірочних розрахунках

необхідно враховувати поточні значення навантажень, наведені у нормах, чинних на момент проведення роботи. Особливо актуально для виробничих будівель і споруд, які проєктувалися з урахуванням конкретного технологічного процесу й обладнання з мінімальними запасами міцності. Мінімальне перевищення проєктних навантажень може призвести до втрати несучої здатності будівельних конструкцій таких об'єктів.

В процесі експлуатації внаслідок як проєктних, так і непроєктних впливів будівлі та споруди одержують певні деформації, значення яких необхідно визначати в результаті технічного обстеження об'єктів і враховувати в подальших розрахунках. Обґрунтування наведено у [26].

Питання стихійної реконструкції переважно стосується перепланування приватних помешкань багатоквартирних житлових будинків і частково порушено у [20, 22], але також вкрай актуально для виробничих будівель приватних підприємств. У результаті знесення перегородок і пробивки або розширення отворів (особливо в несучих стінах), прибудов, надбудов та ін., знижується загальна жорсткість будівель. У сполученні з іншими факторами може спричинити перевищення гранично допустимих параметрів напружено-деформованого стану конструкцій.

Фактор зведення нових об'єктів поряд з існуючими особливо актуальний для умов щільної забудови міст і передбачає короткотривалу (порівняно з нормативним терміном експлуатації) дію динамічних навантажень від будівельної техніки та обладнання, а також більш тривалий вплив як рівномірних, так, можливо, й нерівномірних осадок ґрунту від ваги нового об'єкту. Вплив дії динамічних навантажень від будівельної техніки та обладнання детально розглядався у [26], вплив ваги нового об'єкту на існуючі будівлі та споруди деталізовано та обґрунтовано у [18].

Тимчасовими ґрунтовими умовами вважатимемо наявність довгобуду, покинутого на початковій стадії робіт нульового циклу. Незасипаний котлован або траншеї, по-перше, створюють штучні схили для будівель і споруд, що експлуатуються поряд, та вірогідність їх зсувів; по-друге,

сприяють накопиченню атмосферних опадів, більш глибокому проникненню води в ґрунти основи й замочуванню в тому числі масиву ґрунту відкосів котловану, яке в свою чергу призводить до нерівномірних осадок або просідання оточуючих об'єктів. Необхідність урахування цього фактору при перевірочних розрахунках існуючих будівель, що експлуатуються, також обґрунтовано у [18].

Витоки з водоносних комунікацій призводять до замочування шарів просідаючих ґрунтів і створюють деформації нерівномірних осідань або просідання будівель і споруд, що експлуатуються. Сюди ж можна віднести незадовільне відведення атмосферних опадів з цоколю будівель, а також незадовільний технічний стан самого цоколя. Замочування відбувається від поверхні до глибини ґрунтового масиву, отже таку ситуацію називатимемо замочуванням «зверху». Призводить до значних нерівномірних осадок або просідання будівель і споруд, що може викликати якісне погіршення технічного стану. При проектуванні слід ретельніше проробляти варіанти утворення воронки просідання під будівлею або поблизу неї внаслідок можливого замочування «зверху».

Окремим фактором для виробничих будівель виступає просочування ємностей і комунікацій хімічних речовин, що викликає хімічну реакцію зі складовими ґрунту і зміни в тому числі його фізико-механічних характеристик. Окрім додаткового впливу на матеріал фундаментів, в результаті хімічних реакцій може відбуватися стрімке збільшення об'єму ґрунту та його випирання, яке призводить до значних деформацій конструкцій будівель і споруд. В контексті занепаду крупних промислових підприємств і майбутньої комплексної діяльності з рекультивації, санації й реновації промислових територій, і це заслуговує окремого розгляду.

Під зміною початкових природних умов території забудови розуміється просідання та нерівномірні осадки ґрунту основ фундаментів будівель і споруд внаслідок підтоплення територій або підйому рівня ґрунтових вод, в результаті чого замочуються величезні за площею масиви

просідаючих ґрунтів й під загрозою опиняються не окремі будівлі та споруди або їх комплекси, а цілі квартали та навіть мікрорайони. Такий механізм замочування будемо називати замочуванням «знизу». З урахуванням рельєфу поверхні та підземних водоносних горизонтів також можуть відбуватися зсуви ґрунту, утворення і сходження селевих потоків. Цей фактор створює величезні додаткові навантаження на конструкції будівель і споруд, отже скоріше має враховуватися на стадіях, що передують зведенню будівельних об'єктів, а саме – при плануванні розвитку, просторовому розплануванні та інженерній підготовці території забудови, освоєнні підземного простору під забудовою та ін.

Причиною замочування «знизу» є діяльність людини, яка, нажаль, часто відбивається на стані територій через десятиліття потому. Основними чинниками підтоплення територій або підйому рівня ґрунтових вод є:

- тривалі реологічні процеси ущільнення в ґрунтах основи й витискання ґрунтових вод внаслідок дії навантаження на поверхню території від забудови;

- накопичення ґрунтових вод й атмосферних опадів внаслідок зведення підземних споруд, в тому числі глибокого закладання, які перерізають природні горизонти водоскиду, зміна гідрогеологічних умов;

- затримка й накопичення ґрунтових вод й атмосферних опадів, зміна гідрологічних умов річок, водоймищ і підземного простору прилеглих територій внаслідок влаштування дамб і гребель, створення водосховищ;

- будь-які зміни інженерно-геологічних умов внаслідок тераформування, розробки й видобутку корисних копалин, зміна річищ (в тому числі підземних), берегової лінії рік, інших водойм, тощо.

Таким чином, на напружено-деформований стан конструкцій будівель і споруд, що експлуатуються тривалий термін, одночасно впливають непроєктні фактори, які виникають в процесі експлуатації, не враховуються при проектуванні об'єктів забудови та створюють додаткові значущі навантаження. У разі одночасної дії декількох факторів з урахуванням

поточного технічного стану будівель і споруд, такі впливи можуть призвести до різкого погіршення технічного стану об'єктів забудови та їх руйнування.

Одним із найвпливовіших експлуатаційних факторів є так зване замочування просідаючих ґрунтів «знизу». Усунення причин замочування «знизу» потребує подальших детальних досліджень.

Значущими непроектними факторами є наявність початкових деформацій будівельних конструкцій будівель і споруд, одержаних у процесі експлуатації, та замочування просідаючих ґрунтів внаслідок недбалості людини – витоків з водоносних комунікацій (замочування «зверху»). Процес деформування впродовж всього нормативного терміну експлуатації об'єкту забудови може бути змодельований і при належному опрацюванні проєкту, дії цих факторів усуваються конструктивними заходами при проєктуванні або поточному технічному обстеженні будівель і споруд [27, 28].

Утворення тимчасових ґрунтових умов, зведення нових об'єктів поряд з існуючими, стихійна реконструкція будівель і споруд може значно впливати на напружено-деформований стан конструкцій будівель і споруд, що експлуатуються тривалий термін. Проведені дослідження розрахункових моделей реальних об'єктів-представників показують добру збіжність результатів моделювання з фактично визначеними значеннями деформацій та місцями перенапруження несучих конструкцій будівель і споруд.

1.4 Висновки за розділом 1

При належному моделюванні процесів будівництва і експлуатації об'єктів міської забудови, зазначені цілі сталого розвитку України будуть досягнуті автоматично у повному обсязі, або будуть потребувати незначних корегувань з часом і зміною вихідних параметрів. З цією метою доцільно розробити теорію та методологію взаємодії природної та техногенної

підсистем в процесі містобудівного освоєння територій, екстраполювавши технічні вимоги до будівель і споруд на рівень містобудівних одиниць – кварталів, мікрорайонів, районів, функціональних зон міст і населених пунктів. Результатом застосування такої теорії мають бути рекомендації щодо функціонального призначення при плануванні забудови або реконструкції (реновації, санації, рекультивації), розвитку, стабільності техніко-економічних показників впродовж якомога довшого терміну без необхідності значних змін з причин впливу природних факторів, а також без згубних для природної системи міст інженерних перетворень територій.

Вимоги до надійності та конструктивної безпеки об'єктів на етапах експлуатації та реконструкції не є чіткими та потребують детальності не тільки в рамках окремих документів, але й в основному нормативі системи забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Окрім деталізації вимог та у її рамках слід регламентувати врахування впливу будівельних процесів зведення нових об'єктів на надійність, довговічність і конструктивну безпеку об'єктів, що експлуатуються, особливо якщо вони знаходяться у незадовільному технічному стані, експлуатація здійснюється тривалий період або термін їх експлуатації вичерпаний чи близький до цього. Крім того, бажано було б зробити набагато більший акцент на етапах реконструкції та особливо експлуатації об'єктів.

Утворення тимчасових ґрунтових умов, зведення нових об'єктів поряд з існуючими, стихійна реконструкція об'єктів забудови та їх комплексів, що експлуатуються тривалий термін, може значно впливати на стан їх конструкцій. Проведені дослідження розрахункових моделей реальних об'єктів-представників показують добру збіжність результатів моделювання з фактично визначеними значеннями деформацій та місцями перенапруження несучих конструкцій об'єктів забудови.

РОЗДІЛ 2

ВЗАЄМОДІЯ ПРИРОДНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ ПІДСИСТЕМ В ПРОЦЕСІ МІСТОБУДІВНОГО ОСВОЄННЯ ТЕРИТОРІЙ

В результаті антропогенної діяльності людини в галузі містобудівництва відбувається значне перетворення природного середовища, а його параметри змінюють свої первісні значення в широкому діапазоні. Через певні періоди часу існування об'єктів міської забудови, які значно менші за їх нормативні терміни експлуатації, параметри природного середовища вже не відповідають проєктним характеристикам. Отже, будівлі та споруди, як найбільш чисельні, найбільш відповідальні об'єкти у сенсі безпечної життєдіяльності населення та одночасно такі, що завдають найбільшого впливу на природну систему, зазнають непроєктних дій і впливів. Часто такі дії призводять до надпроєктних навантажень, які не враховувалися при проєктуванні будівель і споруд, що створює загрозу їх руйнування чи нормальній експлуатації.

2.1 Прогнозне моделювання життєвого циклу містобудівних комплексів, що експлуатуються у природно-техногенному середовищі

Одним із найбільш негативних факторів, що виникають в процесі взаємодії природної й техногенної підсистем, та які створюють значний вплив на технічний стан будівель і споруд саме в процесі їх експлуатації, є просадка ґрунтів основ та інші процеси та явища природної системи, які входять до поняття «складні інженерно-геологічні умови». Цей фактор тим впливовіший, чим більше термін експлуатації будівельних об'єктів [29].

Просадка ґрунту може відбуватися не тільки з техногенних причин

(замочування основ фундаментів внаслідок аварій водогонів, інших водоносних комунікацій, порушення організованого водовідведення тощо), і є також фактором природної системи, зміненої в результаті діяльності людини. Замочування основ фундаментів будівель і споруд може спричинятися підйомом рівня ґрунтових вод (замочування «знизу») і охоплювати значні території міст – забудовані квартали, мікрорайони або навіть цілі райони. В свою чергу, підйом рівня ґрунтових вод – тривалий і повільний процес, який відбувається протягом декількох десятиліть і залежить від значних змін природних геологічних (інженерно-геологічних), гідрогеологічних, гідрологічних умов внаслідок антропогенної діяльності. До результатів останньої відносяться значне збільшення навантаження на поверхню території при її забудові багатоповерховими, висотними будинками, будівлями підвищеної поверховості та масивними спорудами; перешкоджання руху підземних вод зведенням протяжних об'ємних підземних інженерних споруд або фундаментів глибокого закладання, влаштування дамб і гребель, створення водосховищ, інші зміни природних умов територій.

Саме тривалість і повільність процесу підйому рівня ґрунтових вод не дозволяє вчасно визначити небезпеку для міської забудови на стадії її експлуатації. Саме тому це й подібні явища мають прогнозуватися на стадії проєктування будівель і споруд – та навіть при розплануванні території та планування розвитку міст.

Дослідження [29, 11, 18], дозволяють запропонувати інженерну методику прогнозного моделювання будівель і споруд, що проєктуються, зводяться або експлуатуються в складних інженерно-геологічних умовах. Необхідність створення такої інженерної методики обумовлюється законодавчими й нормативними документами [12, 13] та полягає в тому, що не завжди є можливість і необхідність розрахунку детальних просторових розрахункових моделей для визначення напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій будівель. Хоча і загально визнано, що найбільш точні

результати можна одержати при розрахунках моделей, які найбільш детально відображають структуру будівлі, внутрішні й зовнішні зв'язки конструктивних елементів, характеристики матеріалів, зовнішні впливи і граничні умови.

Така методика може виявитися корисною інженерам-практикам у випадках, якщо, наприклад, відсутні технічні умови розрахунку детальних розрахункових моделей, відсутнє відповідне програмне або апаратне забезпечення, недостатня кваліфікація інженерів, які виконують такі розрахунки, недостатнє фінансування ускладнених розрахунків. Подібна інженерна методика може виявитися корисною у випадках, якщо не ставиться задача розрахунку конкретних конструкцій, а мова йде про оцінку НДС комплексу конструкцій або будівлі в цілому. Тоді використання закономірностей і залежностей, отриманих у результаті обчислювальних експериментів, дозволяє за результатами розрахунку спрощених моделей оцінити характер розподілу параметрів НДС конструкцій будівлі або відкоригувати ці параметри.

Оцінка, коригування та прогнозування зміни параметрів НДС (деформацій, зусиль, головних і еквівалентних напружень, форм коливань та ін.) будівель і споруд можливі тільки при наявності результатів розрахунку детальної просторової моделі будівлі-представника такого ж типу. При цьому необхідно попереднє виконання наведених нижче умов.

Першою умовою застосування інженерної методики, що пропонується, є наявність класифікації будівель і споруд за узагальненими ознаками. Це особливо актуально для регіонів, де будівництво здійснювалося за типовими серіями проєктів.

Другою умовою є наявність докладного розрахунку просторової моделі будівлі-представника кожного типу, виконаного кваліфікованими інженерами, причому має сенс накопичення таких матеріалів в деяку регіональну бібліотеку результатів розрахунків, доступну всім зацікавленим структурам за певних умов.

Третя умова застосування методики полягає в наявності адекватних розрахункових моделей будівель та споруд. Такі моделі можуть бути сформовані та перевірені на адекватність для об'єктів, що експлуатуються, за умови наявності або результатів натурних експериментів (для будівлі-представника саме такого типу), або даних, одержаних в результаті детального інструментального обстеження будівлі-представника. Проведення натурних експериментів в теперішній час ускладнено. Крім усього іншого, з огляду на рідкість експериментів, під час яких інструментальними методами визначаються параметри НДС конструкцій, для кожного типу серійних будівель їх можна нарахувати одиниці. Результати натурних експериментів загальновідомі, їх можна використовувати для формування розрахункових моделей будівель певного типу. Найбільш перспективним у цьому відношенні уявляється підхід, заснований на результатах натурних інструментальних обстежень будівель кожного типу. На основі таких даних можливе формування розрахункових моделей будь-якого необхідного ступеня детальності, а співставлення результатів їх розрахунку з даними обстеження дозволяє виконати перевірку адекватності моделі реальному об'єкту. Перевірка виконується шляхом співставлення ділянок виявлених дефектів і пошкоджень конструкцій будівлі з ділянками максимальних напружень і деформацій, одержаних в результаті розрахунку. При виявленні невідповідності між результатами розрахунку і даними натурних обстежень проводиться коригування – уточнення – розрахункової моделі за результатами обстеження за існуючими методиками до отримання прийнятних значень відхилень основних параметрів.

І нарешті четверте умова – можливість визначення найбільш несприятливого варіанту впливу на будівлю в складних умовах будівництва та експлуатації, а також пов'язана з цим можливість прогнозування подальшої поведінки будівлі при збільшенні впливу на будівлю з боку зовнішніх силових і деформаційних факторів.

Обґрунтуванню інженерної методики урахування впливу параметрів

розрахунку при формуванні розрахункових моделей будівель і споруд в складних умовах будівництва присвячений даний пункт.

Для визначення НДС будівлі за залишковими деформаціями та співставлення їх з величинами, визначеними за даними моніторингу, необхідно виконати розрахунок системи, що моделює процес вирівнювання. Розрахункова модель піддавалася деформаційним впливам за етапами у відповідності до результатів спостережень за реакцією будівлі. В результаті отримана деформована схема та переміщення вузлів системи, наведені для останнього етапу вирівнювання на рис. 2.1.

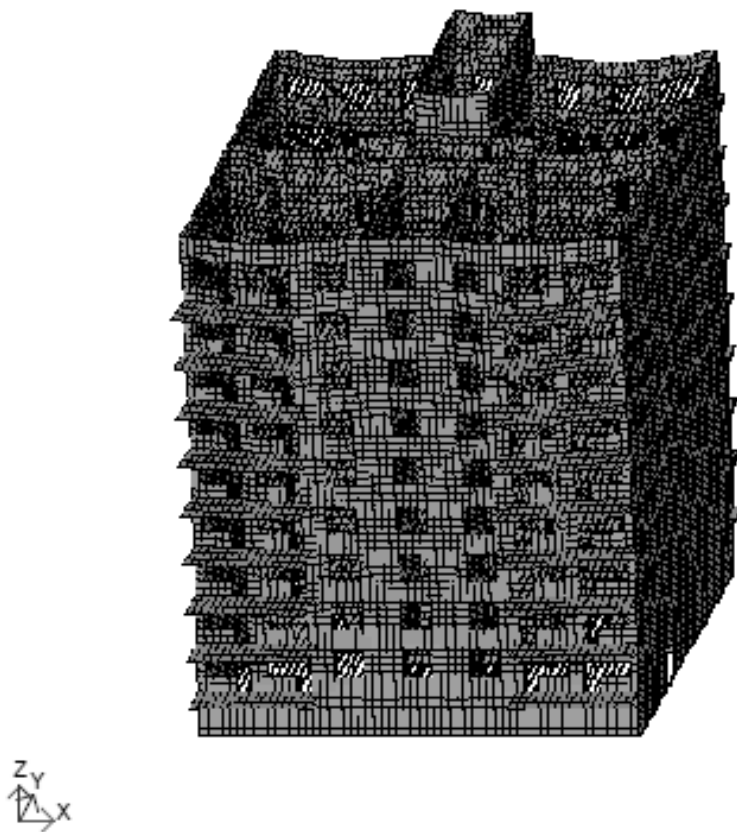
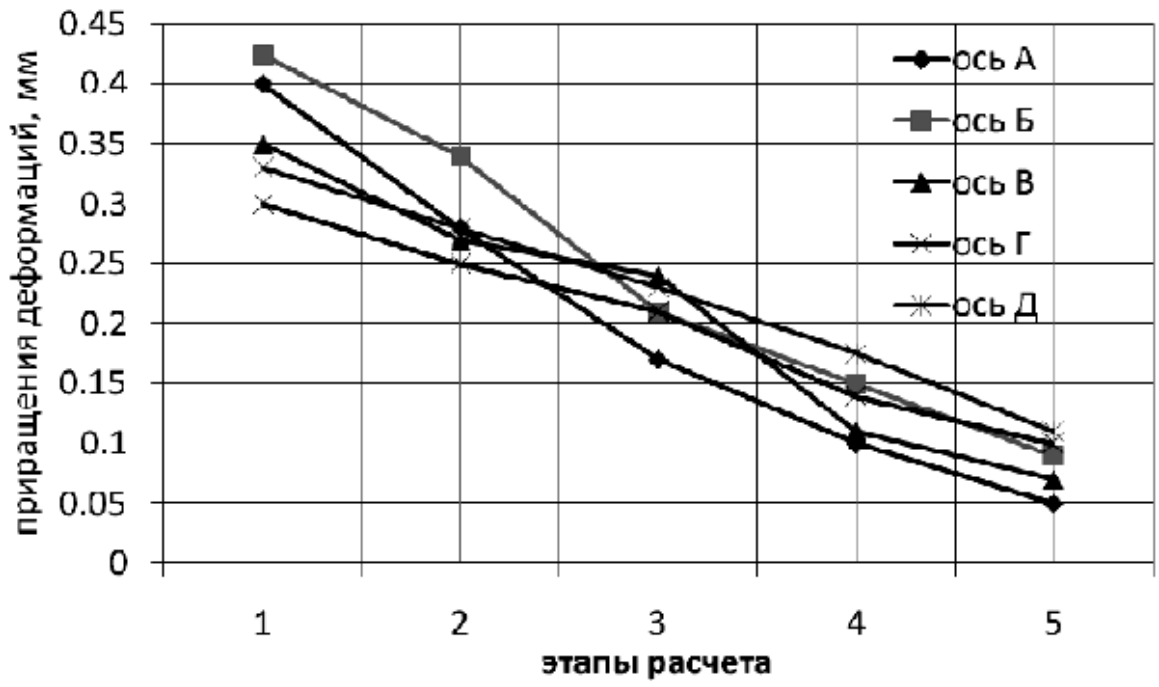
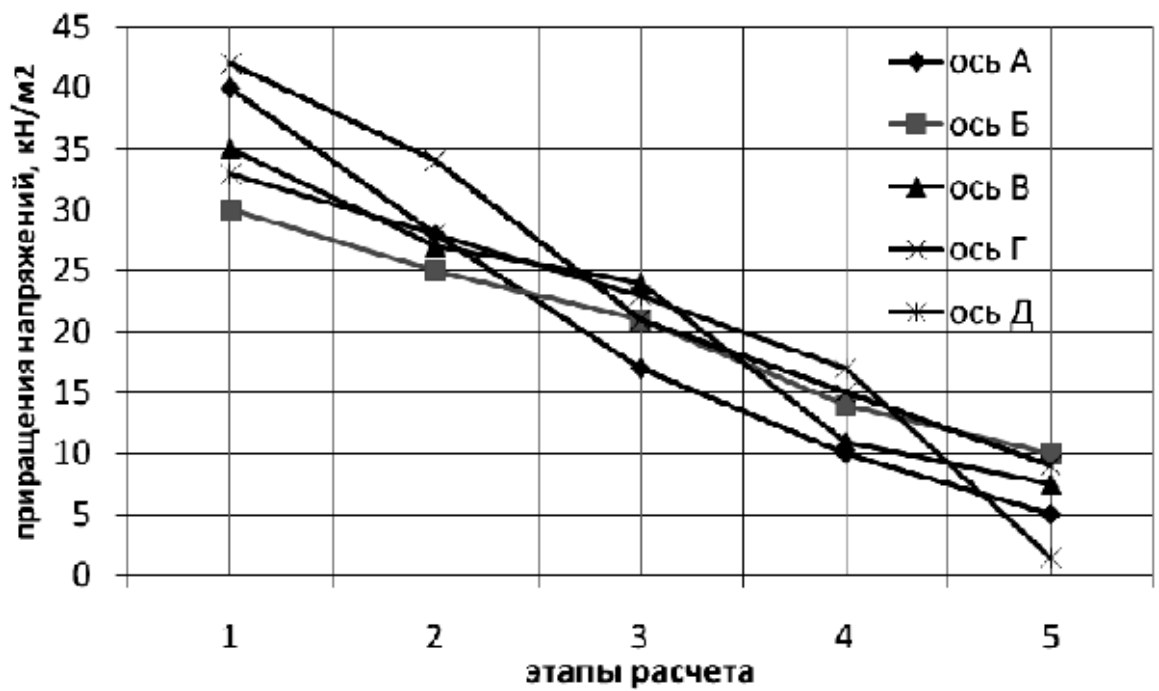


Рисунок 2.1 – Модель будівлі, що вирівнюється, з попередніми деформаціями

У процесі вирівнювання будинку деформаційні та силові характеристики стабілізувалися, а напруження в системі досягли безпечних значень. На рис. 2.2 показано зміни переміщень вузлів і розподілу головних напружень в елементах будівлі на останньому етапі вирівнювання.



а)



б)

а) збільшення деформацій, см;

б) збільшення напруження, т/м².

Рисунок 2.2 – Зміна параметрів НДС моделі при вирівнюванні

В результаті проведених досліджень зміни НДС будівлі, яка зазнала деформацій від просадки ґрунтів основи, в процесі її вирівнювання, можна зробити висновок про те, що в процесі вирівнювання деформованої будівлі за допомогою перфорації основи та регульованого замочуванням напруження, що виникають в несучих елементах, не завжди знижуються і в деяких випадках можуть перевищувати гранично допустимі значення для матеріалу конструкцій. Це пояснюється складною реакцією просторової системи на зовнішні впливи, через нерівномірний розподіл жорсткостей елементів в будівлі, наявністю дефектів і зон граничних напружень. наведений метод дозволяє на проєктній стадії оцінити можливі проблеми, що виникають при реконструкції або вирівнюванні будівель, і контролювати параметри НДС будівель при цих процесах.

Отже, такий метод відновлення експлуатаційних характеристик будівель і споруд може бути рекомендований для будівель аналогічної конструктивної системи за умови дотримання технологічних вимог і постійного моніторингу стану об'єкта.

2.2 Методика формування розрахункових моделей об'єктів міської забудови в умовах взаємодії природної та техногенної підсистем

У практиці інженерних розрахунків будівельних систем велику роль грають формалізовані набори правил, своєрідні алгоритми, що забезпечують деякі початкові умови коректної послідовності дій з перевітками їх правильності в залежності від розв'язуваної задачі та одержаних результатів. Очевидно, що такі алгоритми, які для визначеності називаються інженерними методиками, носять наближений характер і використовуються в розрахунковій і проєктній практиці для уніфікації послідовності дій. Незважаючи на наближений характер, такі методики дозволяють інженерам

уникнути критичних помилок, особливо при проектуванні будівельних об'єктів в специфічних умовах.

Мета створення інженерної методики формування розрахункових моделей будівель і споруд, що експлуатуються в умовах взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем, зокрема, в складних інженерно-геологічних умовах, з урахуванням їх попередніх деформацій полягає в розробці формалізованого алгоритму, що дозволяє достовірно моделювати взаємодію будівельних об'єктів з ґрунтовими основами в складних інженерно-геологічних умовах при статичних і динамічних впливах для забезпечення вимог нормативних документів за міцністю, жорсткістю, стійкістю та комфортністю.

Область застосування методики – будівлі та споруди в складних інженерно-геологічних умовах при статичних і динамічних впливах в стадіях проектування, зведення, експлуатації та реконструкції, при наявності фактичних або прогнозованих попередніх деформацій. Методика орієнтована на програмні комплекси (ПК), що реалізують метод скінчених елементів (МСЕ) для моделювання взаємодії будівель і споруд з основами при статичних і динамічних впливах.

Статичні моделі будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах в залежності від стадії життєвого циклу розділяються на чотири групи.

Група 1 – статичні розрахункові моделі будівель і споруд, що проектуються, для яких прогнозується розвиток нерівномірних осідань ґрунтової основи та накопичення деформацій на протязі життєвого циклу об'єкта.

Група 2 – статичні розрахункові моделі будівель і споруд, що експлуатуються, які протягом свого життєвого циклу накопичили деформації, викликані нерівномірними осіданнями ґрунтових основ.

Група 3 – статичні розрахункові моделі будівель і споруд, що реконструюються, які накопичили в процесі експлуатації деформації,

викликані нерівномірними осіданнями ґрунтових основ, і підлягають реконструкції, пов'язаної з переплануванням, зміною призначення приміщень та об'єкта в цілому, надбудовою поверхів, влаштуванням прибудов, підсиленням несучих конструкцій та ін.

Група 4 – статичні розрахункові моделі будівель і споруд, що знаходяться в стадії штучної ліквідації наднормативних деформацій або кренів, одержаних в процесі експлуатації при нерівномірних осіданнях ґрунтових основ.

Динамічні моделі будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах в залежності від виду динамічного впливу та особливостей динамічної реакції також можна поділити на чотири групи.

Група 1 – динамічні моделі при короткочасних або миттєвих динамічних впливах поза будівлями або спорудами, що передаються через ґрунтові основи (сейсміка, штучне поліпшення властивостей просадочних ґрунтів гідровибухом, вибухові роботи в місцях видобутку корисних копалин та ін.).

Група 2 – динамічні моделі при динамічних впливах поза будівлями або спорудами, що передаються через дорожнє покриття або поверхневі шари ґрунтових основ (всі види наземного автомобільного, рельсового та електротранспорту, будівельної техніки, технологічного обладнання, розташованого поза будівлями та ін.).

Група 3 – динамічні моделі при динамічних впливах поза будівлями або спорудами, що передаються через ґрунтові товщі (від підземного транспорту, метрополітену, будівельної техніки ударної дії, що працює в глибоких котлованах, ущільнення ґрунту важкими трамбівками, в тому числі при влаштуванні ґрунтових подушок та ін.).

Група 4 – динамічні моделі при динамічних впливах малої інтенсивності, що діють безпосередньо на конструкції будівель або споруд (будівельне обладнання та інструменти, що використовуються при реконструкції і ремонтах, побутове й промислове обладнання у спорудах при

їх перепрофілювання, вітрові впливи та ін.).

Для всіх груп моделей використовується деформована схема будівлі або споруди для врахування можливих (при проектуванні та зведенні) або фактичних (при експлуатації і реконструкції) деформацій, викликаних нерівномірними осіданнями основ. Для одержання деформованої моделі передбачено три можливості:

- коригування геометричної схеми розрахункової моделі за даними натурального обстеження (для будівель і споруд, що експлуатуються) або за результатами розрахунку прогнозованих перекосів і кренів (для будівель і споруд, що проектуються);

- збереження деформованої схеми розрахункової моделі МСЕ (або інших методів, що дозволяють враховувати в статиці й динаміці складно модельовані МСЕ «великі» деформації), одержаної в результаті статичного розрахунку системи «будівля (споруда) – основа», як вихідних даних для наступного етапу розрахунку за спеціальним алгоритмом (зауважимо, що для врахування відомих сьогодні та таких, що іноді досить істотно впливають на процеси геометричної, фізичної й навіть конструкційної нелінійностей, що описують найбільш складні ґрунтові умови та процеси зривів і осідань, статико-динамічна модель взаємодії з основою може бути значно спрощена для отримання основних параметрів НДС, що визначають ситуацію несучих навантажень об'єкта);

- перетворення переміщень вузлів моделі, отриманих при розрахунку системи «будівля (споруда) – основа» МСЕ, в еквівалентні навантаження, реалізоване в деяких, в тому числі і кінцевоелементних ПК (наприклад, LIRA-Windows, SCAD Office), і виконання подальших розрахунків з використанням завантаження, що враховує передісторію силового і деформаційного навантаження системи.

З наведених способів завдання попередніх деформацій перші два враховують тільки переміщення вузлів моделі, що дозволяє одержати тільки додаткові зусилля і напруження, але не враховує накопичені за час

експлуатації. І тільки третій спосіб надає повну картину НДС конструкцій будівлі або споруди, з огляду на передісторію його навантаження, коли теперішня реакція конструкцій будівлі або споруди на зовнішні впливи накладається на його напружений стан, який виник в результаті дії нерівномірних деформацій ґрунтової основи. Це обґрунтовано може трактуватися як урахування генетичної нелінійності системи.

При формуванні статичних розрахункових моделей будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах для розрахунку на будь-які види впливів обов'язковим має бути урахування всіх несучих конструктивних елементів та їх просторової роботи. При цьому можлива заміна несучих і самонесучих конструктивних елементів еквівалентними навантаженнями.

При формуванні динамічних моделей для розрахунку на будь-які види динамічних дій обов'язковим має бути урахування всіх конструктивних елементів, що мають істотні інерційні характеристики.

Врахування фізичної та геометричної нелінійностей компонентів статичних і динамічних розрахункових моделей підвищує достовірність результатів розрахунку, особливо у випадках складних деформацій будівель і споруд і досягнення граничних станів окремими конструктивними елементами.

Розглянемо принципи й особливості моделювання будівель і споруд для складних інженерно-геологічних умов кожної з груп.

Для статичних моделей групи 1:

– виконується аналіз проєктних та інженерно-геологічних даних, на основі якого складаються схеми розрахункових ситуацій та розраховуються їх параметри в залежності від виду ґрунтових умов;

– на основі результатів інженерно-геологічних вишукувань і технічної документації визначається максимально можлива деформація основи у межах плану будівлі або споруди, яка залежить від структури й особливостей розташування шарів ґрунту в основі;

– визначаються гранично допустимі відповідно до нормативних

документів середнє й максимальнє осідання фундаменту, які залежать від конструктивних особливостей будівлі або споруди, а також гранично допустимі відносна різниця осідань (перекіс) і крен будівлі;

– аналізуються величини гранично допустимих параметрів і максимально можливих деформацій для визначення розрахункових характеристик; приймаються або максимально можливі для даних ґрунтових умов деформації, якщо вони не перевищують гранично допустимі, або, в іншому випадку, гранично допустимі деформації;

– визначаються параметри розрахункових моделей в залежності від прийнятого способу моделювання ґрунтової основи (характеристики жорсткості спеціальних скінчених елементів (СЕ), що враховують податливість основи та її односторонні зв'язки з фундаментами, коефіцієнти для СЕ на пружній основі, характеристики жорсткості об'ємних СЕ та ін.);

– виконуються тестові розрахунки для підтвердження відповідності деформованого стану моделі розрахунковим деформаційним параметрам.

Для статичних моделей групи 2:

– за фактичним станом конструкцій, їх висотному положенню і загальним деформацій системи «будівля (споруда) – основа» визначається розрахункова ситуація;

– на основі експериментальних даних або результатів обстеження визначаються фактичне висотне положення конструкцій, деформації основи у межах плану будівлі або споруди, а також просторові переміщення вузлових точок конструктивної системи;

– визначаються відповідно до нормативних документів гранично допустимі середнє та максимальнє осідання фундаменту, відносна різниця осідань (перекіс) і крен для загальних і локальних деформацій будівлі або споруди, а також місця розташування й геометричні параметри дефектів і тріщин в будівельних конструкціях;

– порівнюються величини гранично допустимих параметрів і фактичних деформацій для визначення категорії будівлі за придатністю до

нормальної експлуатації;

- визначаються параметри розрахункових моделей в залежності від прийнятого способу моделювання ґрунтової основи як і для стадії проєктування;

- виконуються тестові розрахунки для підтвердження відповідності деформованого стану моделі експериментальним або натурним деформаційним параметрам.

Для статичних моделей групи 3:

- на першій стадії виконується формування розрахункової моделі будівлі або споруди, що експлуатується, за алгоритмом, визначеним для групи 2, і виконується її розрахунок з урахуванням попередніх деформацій;

- визначаються зміни в конструктивних, навантажувальних та інших схемах будівлі або споруди, викликаних реконструкцією, та їх вплив на результативну розрахункову модель;

- за прогнозованим станом конструкцій у процесі реконструкції та попередніми деформаціями системи «будівля (споруда) – основа» визначається розрахункова ситуація;

- визначаються відповідно до нормативних документів гранично допустимі середнє та максимальне осідання фундаменту, відносна різниця осідань (перекіс) і крен для загальних і локальних деформацій будівлі або споруди, а також місця розташування й геометричні параметри дефектів, тріщин та елементів підсилення будівельних конструкцій;

- порівнюються величини гранично допустимих параметрів і фактичних деформацій для визначення категорії будівлі за придатністю до нормальної експлуатації;

- визначаються параметри розрахункових моделей в залежності від прийнятого способу моделювання ґрунтової основи як і для стадії проєктування;

- виконуються тестові розрахунки для підтвердження відповідності деформованого стану моделі експериментальним або натурним

деформаційним параметрам;

– аналізуються зміни НДС конструкцій, викликані заходами щодо реконструкції, та оцінюється правильність і ефективність прийнятих конструктивних рішень.

Для статичних моделей групи 4:

– на першій стадії виконується формування розрахункової моделі будівлі або споруди, що експлуатується, за алгоритмом, визначеним для групи 2, та виконується її розрахунок з урахуванням попередніх деформацій до виникнення аварійної ситуації, викликані наднормативними деформаціями об'єкту в результаті розвитку впливу деформацій земної поверхні;

– визначаються зміни в конструктивних, навантажувальних та інших схемах будівлі або споруди, викликаних аварійним станом, і їх вплив на вихідну розрахункову модель;

– за прогнозованим станом конструкцій в процесі ліквідації наднормативних деформацій системи «будівля (споруда) – основа» визначається розрахункова ситуація;

– для моделювання процесу усунення наднормативних деформацій визначаються відповідно до нормативних документів гранично допустимі середнє та максимальне осідання фундаменту, відносна різниця осідань (перекіс) і крен для загальних і локальних деформацій будівлі або споруди, а також місця розташування й геометричні параметри дефектів, тріщин та елементів підсилення будівельних конструкцій;

– порівнюються величини гранично допустимих параметрів і фактичних деформацій для визначення параметрів ретроградного моделювання при відновленні придатності об'єкта до нормальної експлуатації;

– визначаються параметри розрахункових моделей в залежності від прийнятого способу моделювання ґрунтової основи як і для стадії проєктування;

- виконуються тестові розрахунки для підтвердження відповідності деформованого стану моделі експериментальним або натурним деформаційним параметрам;

- аналізуються зміни НДС конструкцій, викликані заходами щодо ліквідації наднормативних деформацій, та оцінюється правильність і ефективність прийнятих конструктивних рішень.

Для динамічних моделей групи 1:

- при необхідності оцінки тільки динамічної реакції будівлі або споруди її взаємодію з основою допускається враховувати спеціальними СЕ на межі контакту фундаменту з основою, що реалізують пружні односторонні зв'язки й моделюють деформаційні та демпфуючі властивості основи;

- при необхідності визначення динамічної реакції системи «будівля (споруда) – основа», їх взаємодія враховується моделюванням обмеженого масиву ґрунту з урахуванням пружних односторонніх зв'язків на межі контакту фундаменту з основою;

- розміри фрагмента масиву ґрунту, що вводиться в розрахункову модель, повинні бути в плані не менше 1,5 висоти будівлі або споруди в кожний бік від зовнішніх граней об'єкта, а за потужністю – не менше стиснутої глибини товщі ґрунту під подошвою фундаменту;

- завдання однакових дисипативних характеристик для матеріалу конструкцій будівлі або споруди і ґрунту основи при миттєвих або близьких до них короткочасних впливах допустимо, адже реакція системи в цьому випадку близька до пружної та різні дисипативні властивості будівлі або споруди і основи не встигають проявитися.

Для динамічних моделей групи 2:

- при необхідності визначення динамічної реакції будівлі або споруди досить спрощеної моделі ґрунтового масиву без урахування фізичної і геометричної нелінійностей та об'ємних СЕ, що моделюють основу, проте з урахуванням односторонніх пружних зв'язків між елементами фундаменту і

грунту;

– моделювання основи, яка враховується введенням односторонніх пружних зв'язків у вузли контакту будівлі з основою, рекомендується при наявності даних прямих замірів параметрів динамічної реакції; при цьому необхідно проведення оперативного корегування розрахункової моделі з метою приведення у відповідність її динамічних характеристик і фактично заміряних показників;

– розміри фрагмента масиву ґрунту, що вводиться в розрахункову модель, повинні бути в плані не менше 1,5 висоти будівлі або споруди в кожний бік від зовнішніх граней об'єкта, а за потужністю – не менше глибини стиснутої товщі ґрунту під подошвою фундаменту;

– завдання однакових дисипативних характеристик для матеріалу конструкцій будівлі або споруди і ґрунту основи при динамічних діях допустимо, адже їх передача здійснюється поверхневим шаром ґрунту або дорожнім покриттям, і різні дисипативні характеристики не впливають визначально на достовірність результатів, хоча й спотворюють картину динамічної реакції будівлі.

Для динамічних моделей групи 3:

– при визначенні динамічної реакції будівлі або споруди необхідна детальна просторова модель ґрунтового масиву з урахуванням фізичної та геометричної нелінійностей, застосування об'ємних СЕ, що моделюють основу, односторонні пружні зв'язки між елементами фундаменту й ґрунту, природних і техногенних неоднорідностей у ґрунтовому масиві, підземних споруд та інженерних мереж;

– для одержання достовірних результатів розрахунку необхідно проведення оперативного корегування розрахункової моделі з метою приведення у відповідність її динамічних характеристик і фактично заміряних показників у разі наявності таких даних;

– розміри фрагмента масиву ґрунту, що вводиться в розрахункову модель, повинні бути в плані не менше 1,5 висоти будівлі або споруди у

кожний бік від зовнішніх граней об'єкта, а за потужністю – не менше глибини стисненої товщі ґрунту під подошвою фундаменту;

– завдання однакових дисипативних характеристик для матеріалу конструкцій будівлі або споруди і ґрунту основи при динамічних діях призводить до суттєвого спотворення картини динамічної реакції будівлі навіть з урахуванням односторонніх зв'язків і фізичної нелінійності елементів, адже в роботу включається весь масив, що призводить до різкого зменшення значень динамічних реакцій, при цьому штучне обмеження ґрунтового масиву в просторі збільшує час його активної реакції на обурення;

– найкращим варіантом урахування основи у динамічних моделях даної групи є його представлення у вигляді статико-динамічної (інерційної та пружно-дисипативної) моделі.

Для динамічних моделей групи 4:

– при необхідності визначення динамічної реакції будівлі або споруди досить спрощеної моделі ґрунтового масиву без урахування фізичної та геометричної нелінійностей та застосування об'ємних СЕ, що моделюють основу, проте з урахуванням односторонніх пружних зв'язків між елементами фундаменту та ґрунту;

– моделювання основи введенням односторонніх пружних зв'язків у вузли контакту фундаменту будівлі з основою рекомендується для деформованих будівель, що експлуатуються, при динамічних впливах малої інтенсивності, що дозволяє одержати характеристики, які впливають не тільки на міцність конструкцій, але й на показники комфортності, а також прогнозувати негативні наслідки при локальній або повній реконструкції будівель і споруд;

– завдання однакових дисипативних характеристик для матеріалу конструкцій будівлі або споруди й ґрунту основи при динамічних діях допустимо, адже їх передача здійснюється поверхневим шаром ґрунту або дорожнім покриттям, і різні дисипативні характеристики не грають

визначальної ролі в достовірності результатів, хоча і спотворюють картину динамічної реакції будівлі;

– неприпустимо використовувати для динамічних розрахунків в розрахункових моделях будівель і споруд складної структури спрощення, пов'язані з ігноруванням самонесучих елементів, що мають істотні інерційні характеристики.

Критерієм адекватності розрахункової моделі при динамічних діях є відповідність власних динамічних характеристик, одержаних у результаті розрахунку моделі, з характеристиками, заміряних приладами безпосередньо у будівлі або споруді при обстеженні або динамічній паспортизації.

У разі неадекватності розрахункової моделі необхідне її коригування для досягнення відповідності з реакцією реального об'єкта при динамічних впливах. Таке коригування може бути багатоступінчастим і закінчується тоді, коли основні динамічні характеристики моделі та реального об'єкта досягають відповідності з урахуванням величин допустимих похибок.

Розроблена методика формування адекватних розрахункових моделей будівель і споруд в умовах взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем, зокрема з ґрунтовими основами, з урахуванням попередніх деформацій дозволяють проводити коректну оцінку НДС, прогнозування реакції будівель і споруд, що експлуатуються в складних інженерно-геологічних умовах, при різних статичних і динамічних впливах. Інженерна методика формування таких моделей забезпечує необхідний рівень точності і надійності результатів розрахунків.

Всі моделі, використані для проведення обчислювальних експериментів з урахування впливу параметрів розрахунку на зміну НДС конструкцій будівель, адекватні фізичним об'єктам в тій мірі, в якій це необхідно для аналізу та узагальнення даних, а також для підготовки рекомендацій. Доведено, що результати докладного обстеження будівель і споруд можуть служити основою для формування адекватних розрахункових моделей і постановки обчислювальних експериментів.

Критерієм адекватності розрахункової моделі є збіг картини НДС реального об'єкта й одержаної в результаті розрахунку. Проведення обчислювальних експериментів, які базуються на детальних просторових розрахункових моделях будівель і споруд, надає можливість не тільки визначити фактичний НДС конструкцій, але і скласти прогноз його зміни при подальшій експлуатації або при реконструкції.

Будівлі та споруди, що експлуатуються в складних інженерно-геологічних умовах, в разі проведення їх реконструкції вже знаходяться в попередньо деформованому стані, що позначається на умовах роботи конструкцій та на величині внутрішніх зусиль в основних елементах.

Розрахунки будівель і споруд, що експлуатуються, в стадії реконструкції доцільно розбивати на 2 етапи: спочатку виконується розрахунок моделі вихідної будівлі з урахуванням деформацій і дефектів, параметри яких одержані в результаті обстеження, для визначення можливості реконструкції і необхідності підсилення конструктивних елементів, а потім виконується коригування розрахункової моделі з урахуванням заходів з реконструкції, та її розрахунок.

При такому підході з'являється можливість не тільки одержати достовірні параметри напружено-деформованого стану конструкцій будівлі з урахуванням передісторії та особливостей його експлуатації, а й прогнозувати подальшу роботу реконструйованої будівлі при ймовірній несприятливій зміні умов його експлуатації (розвиток нерівномірних деформацій основи, утворення та розвиток тріщин і деформацій в конструкціях, утворення в них нових дефектів, зміна корисного технологічного навантаження та ін.).

Можливо моделювання так званого життєвого циклу будівлі, що експлуатується, на основі інформації, одержаної системами моніторингу його технічного стану.

У процесі вирівнювання деформованої будівлі перфорацією основи та регульованим замочуванням напруження, що виникають у несучих

елементах, не завжди знижуються, а у деяких випадках можуть перевищувати гранично допустимі значення для матеріалу конструкцій. Це пояснюється складною реакцією просторової системи на зовнішні впливи, нерівномірним розподілом жорсткостей елементів у будівлі, наявністю дефектів і зон граничних напружень.

Результати даного дослідження можуть лягти в основу містобудівних рішень щодо розпланування як незабудованих (при проектуванні), так і забудованих територій (при їх реконструкції, перетворенні), а також обґрунтування заходів з інженерної підготовки.

2.3 Проблематика взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем

В умовах концепції сталого розвитку задачі планування та забезпечення розвитку міста є комплексними та містять, зокрема, містобудівні, архітектурні, інженерно-будівельні, екологічні, соціально-економічні та інші аспекти. Місто, як надскладна система, складається з багатьох систем і підсистем, які взаємодіють між собою та одночасно є взаємозалежними. Їх можна розділити на дві великі групи – природну та техногенну містобудівні підсистеми. Взаємні зв'язки всіх систем необхідно враховувати при вирішенні питань належної експлуатації та збереження існуючої забудови, а також містобудівного освоєння, розвитку та реконструкції території. При цьому важливими завданнями є визначення, аналіз ступеню впливу різноманітних факторів взаємодії природної та техногенної підсистем та їх складових протягом всього часу використання й експлуатації території [32].

Особливо це стосується сформованих міст (зокрема історично), де одночасно з вищевказаними розв'язується задача реконструкції забудови та

територій взагалі задля збільшення та модернізації житлового фонду, покращення санітарно-гігієнічних умов проживання людей, створення рекреаційних міських об'єктів, розміщення нових громадських закладів тощо за умов ефективного використання територій.

Сьогодні, наприклад, залишаються невирішеними питання комплексного містобудівного аналізу можливості нового будівництва на територіях з існуючою забудовою та його впливу на розташовані поруч будівлі та споруди з метою запобігання стрімкого погіршення їх технічного стану та суттєвого скорочення терміну експлуатації [33].

Крім того, задача створення нових корисних площ будь-якого призначення вирішується шляхом забудови внутрішньоквартального простору, не призначеного для цього (в розріз генеральним і детальним планам), а також надбудов і прибудов при реконструкції окремих будівель.

Територіальне планування, міське будівництво, містобудування в сучасних умовах розвитку населених пунктів і суспільства потребують вдосконалення теоретичної бази та практичних здобутків, особливо у напрямку належної експлуатації та реконструкції забудови міст. При цьому необхідно вирішувати окремі інженерно-технічні, соціально-економічні, екологічні проблеми формування життєвого середовища – складного, комбінованого, такого, що одночасно проявляє властивості природної та техногенної підсистем, починаючи з рельєфу та ґрунтових умов і закінчуючи щільністю та висотністю забудови.

Містобудівний аналіз території, що передує її освоєнню (збудові) або реконструкції має ставити за мету прогнозування наслідків [3] та ступеню їх впливу в довготривалій перспективі як на природні компоненти середовища, так і на антропогенні (будівлі та інженерні споруди, інші об'єкти архітектури). Тому забезпечення належної надійної експлуатації території слід закладати ще на етапах планування містобудівного освоєння територій та їх інженерної підготовки з відображенням у генеральних планах, детальних планах територій, планах зонування та іншій містобудівній

документації.

Саме багатовекторний прогностичний аналіз природних умов території, виходячи з їх особливостей, може надати можливість створити оптимальну функціонально-планувальну структуру міста з чітким розташуванням районів забудови хоча б на нормативний термін її експлуатації. В процесі такого аналізу досліджується вплив забудови міста та всього, що пов'язане з нею (техногенної підсистеми), на природні умови (природну систему), змінення природних умов в довгостроковій перспективі та, відповідно, реактивний вплив змінених природних умов на об'єкти забудови.

При зміні природних умов території постає проблема стійкості природної системи міста під дією антропогенних факторів. Відповіді на питання, наскільки можна впливати на природну систему без суттєвого її змінення та які заходи інженерної підготовки слід застосовувати, щоб одночасно мінімізувати додаткове антропогенне навантаження на територію та максимально зберегти початкову стійкість природної системи.

Результатами прогнозування наслідків містобудівного освоєння територій може бути оцінка варіантів планувальних рішень і будівельного зонування, підбір варіантів інженерної підготовки з оцінкою витрат на захист території, а також оцінка економічних збитків при порушенні стійкості території в довгостроковій перспективі.

Стосовно реконструкції територій слід зазначити, що комплексній забудові більшості міст характерно непропорційний розвиток і незавершеність житлових районів і мікрорайонів. В сучасних умовах комплексна реконструкція міської забудови може бути важливою частиною вирішення задачі забезпечення житлом.

Теорія та методологія взаємодії природної та техногенної підсистем при містобудівному освоєнні територій спрямована на розробку наукових основ і практичних рекомендацій, які об'єднували би в одну задачу весь комплекс теоретичних, науково-технічних, інженерно-будівельних, екологічних і соціально-економічних питань, а також на вироблення рішення

шляхом багатofакторного аналізу забудованих територій або таких, що тільки плануються до забудови, з метою їх комплексної реконструкції або забудови.

В рамках теорії, що розробляється, досліджуються фактори впливу в підсистемах «територія – нова забудова» та «територія – існуюча забудова – нове будівництво» та прогнозуються наслідки такої взаємодії, на основі яких в залежності від обсягів і ризиків впливу на стійкість міської території можна отримати масштаби та характеристики передбачуваної необхідної інженерної підготовки, а також виробити підходи до перспективного планування забудови та реконструкції груп будівель і оцінювання територіально-будівельних ресурсів. У процесі містобудівного проєктування та територіального планування це дозволить планувати просторовий розвиток забудови, її щільність, оцінку потенційних територіальних ресурсів (мінімальних ділянок розміщення і максимальної висотності забудови) із збереженням існуючої забудови міста.

Концепція зонування міських територій може бути побудована на виявленні взаємозв'язків між характеристиками та особливостями території, забудови (існуючої або запланованої), передбаченого будівництва, заходів інженерної підготовки території, показниках стійкості території. Така концепція має бути основою перспективного планування освоєння або реконструкції міських територій з метою забезпечення їх раціонального використання та експлуатації, збереження та розвиток забудови, і має бути відображена у генеральних планах і проєктах детального планування територій як основних документах, що визначають і вирішують задачі комплексного територіального планування.

При цьому необхідно проводити науково-технічний аналіз можливостей проведення забудови або реконструкції окремих ділянок міської території на основі створення та вдосконалення ефективних методів розрахунку і досліджень об'єктів міського будівництва, а також здійсненням наступного інженерно-будівельного супроводу заходів з інженерної

підготовки міських територій та відповідним плануванням містобудівної діяльності.

Загалом це дозволить планувати і розвивати міську забудову та проєктувати реконструкцію об'єктів існуючої забудови, здійснюючи перехід від проєктування і будівництва окремих будівель і споруд до комплексного планування забудови та реконструкції кварталів, мікрорайонів і районів міста, забезпечуючи збереження нової та існуючої забудови у задовільному технічному стані та її безпечну експлуатацію впродовж як мінімум нормативного терміну.

Формування загальної концепції сталого розвитку міста має враховувати всі аспекти збалансованого розвитку великих мегаполісів та всіх його основних складових елементів із відображенням у державній регуляторній політиці на основі об'єктивних досліджень, науково-технічного обґрунтування та інженерно-будівельного супроводу, що мають стати базою для розробки ефективної містобудівної політики, перспективних програм, стратегій розвитку, генеральних планів тощо.

Принципи зонування міських територій для їх містобудівного освоєння, забудови або реконструкції з прогнозуванням можливих наслідків у довгостроковій перспективі надають підґрунтя для збалансованого підходу до вирішення містобудівних проблем з відповідною містобудівною політикою забудови, наприклад, вільних внутрішньоквартальних просторів (сьогодні це нагальне гостре і болюче питання), яка є одним з найголовніших і перспективних завдань та дозволить функціонально впорядкувати існуючу забудову та поліпшити цим структуру міського землекористування, а також забезпечити максимальну стійкість території під впливом антропогенних факторів.

Окрім використання результатів у практиці містобудування та територіального планування, теорія і методологія взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем може бути підґрунтям для подальших наукових досліджень і практичних розробок за напрямками розробки

моделей процесів реконструкції міської забудови та містобудівного освоєння територій в цілому, обґрунтування містобудівних рішень з планування нової забудови та реконструкції існуючої, планування розвитку міста, здійснення оцінки наслідків містобудівних рішень з освоєння нових територій і реконструкції територій, що експлуатуються, на стадіях передпроектної проробки, вдосконалення нормативної бази планування забудови та реконструкції міських територій тощо.

2.4 Фактори взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем

Місто є продуктом антропогенної діяльності, але воно також включає в себе елементи природного середовища, тому може бути визначено як природно-техногенне явище, що відповідає такому поняттю як матеріально-просторове середовище [1]. Оскільки діяльність людини не обмежується лише тільки науково-технічним прогресом, можна розвинути поняття міста від природно-техногенного явища до природно-техногенного комплексу.

В процесі містобудівного освоєння території відбувається її перетворення шляхом впровадження об'єктів антропогенної діяльності у природне середовище. Таким чином, у природно-техногенному комплексі міста можна виділити природну та техногенну містобудівні підсистеми. Причому будь-які містобудівні об'єкти техногенної підсистеми знаходяться у постійній тісній взаємодії з природним середовищем протягом тривалого терміну, який може вимірюватися десятками й сотнями років.

Принципова схема взаємодії природної та техногенної підсистем в процесі містобудування представлена на рис. 2.3.

Природна система міста є основою для антропогенної діяльності та включає в себе поверхню території; вихідний (неперетворений) ландшафт;

біосферні об'єкти суші (ліси, лани, луки та ін.); поверхневі водойми (річки, озера, ставки та ін.); надра; ґрунти; підземні води; корисні копалини; повітряний простір та ін.

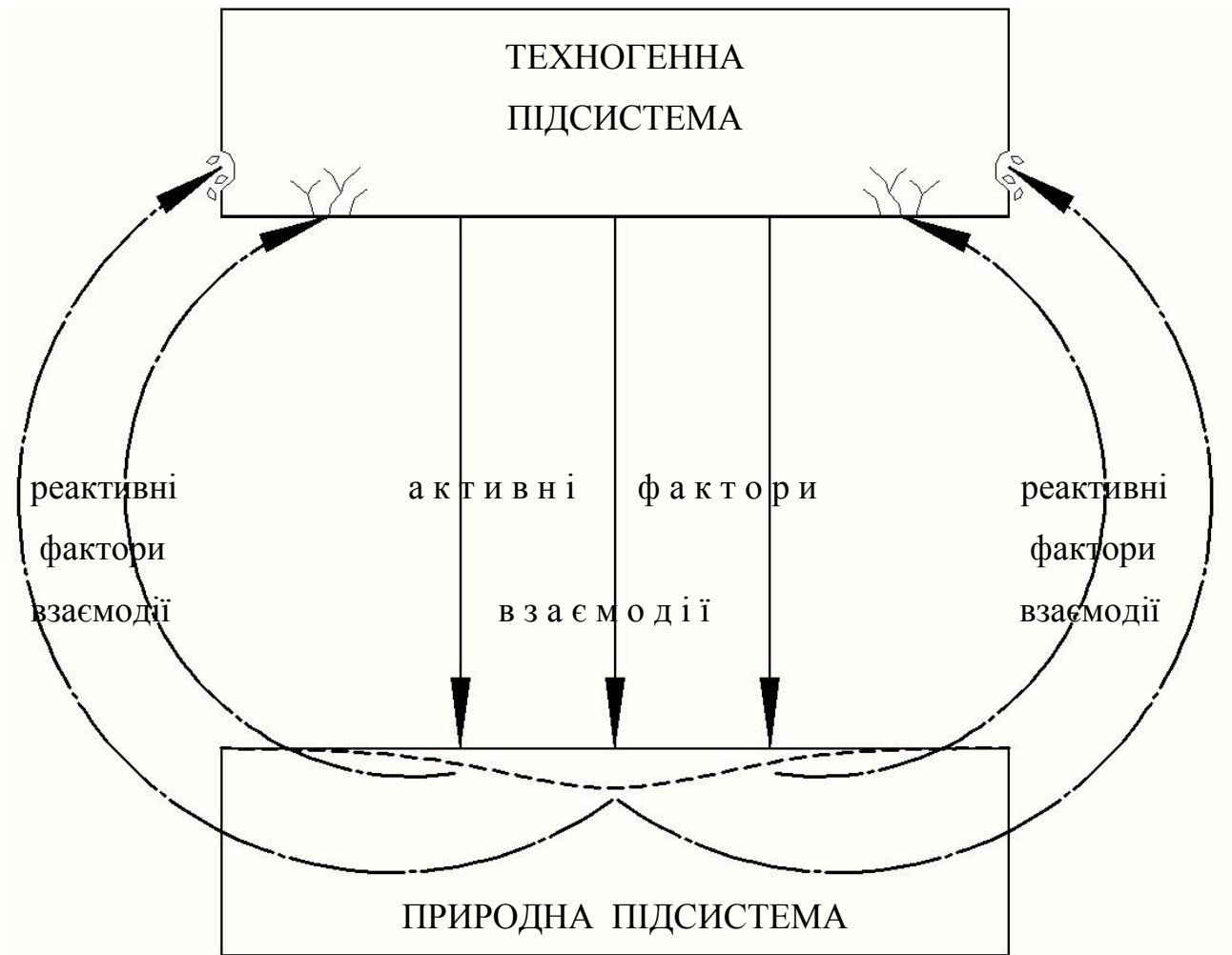


Рисунок 2.3 – Принципова схема взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем

Техногенна підсистема міста базується на природному підґрунті, до неї відносяться штучні об'єкти: будівлі; наземні споруди; підземні споруди; об'єкти інфраструктури, благоустрою, ландшафтного будівництва; перетворені території та ін.

В межах міста вихідні природні умови повністю змінені, тому на

перший план виступає забезпечення необхідних гігієнічних умов для повсякденного життя мешканців міста. Це досягається як шляхом використання раціональних прийомів планування, забудови й інженерного забезпечення міста, так і шляхом відновлення окремих природних елементів. Тому предметом містобудівного дослідження має бути, з одного боку, просторова, територіальна, соціально-економічна та інші підсистеми міста, а з іншого – суто технічна підсистема, як найбільша матеріальна складова техногенної підсистеми. В цьому ж полягає й вирішення екологічних проблем, і запобігання певним видам техногенних катастроф, а саме – в умінні передбачати наслідки тих чи інших змін середовища, в тому числі тих, які на перший погляд вважаються малозначущими [2].

Будь-які зміни в природно-техногенному комплексі середовища міста відбуваються в результаті взаємодії природної та техногенної підсистем, а також їх елементів. При такій взаємодії, яка вочевидь є тривалим процесом, кількісні зміни параметрів різноманітних впливів відбуваються постійно та можуть переходити на якісно нові рівні декілька разів впродовж всього терміну взаємодії.

Прогноз і розрахунок усіх можливих змін середовища в результаті містобудівної діяльності повинен стати складовою частиною проєктного аналізу на всіх його рівнях [3].

З метою здійснення прогнозу та розрахунку всіх змін середовища в результаті містобудівної діяльності необхідно встановити механізм взаємодії техногенної підсистеми з природним середовищем і визначити фактори, що впливають на цей процес, які насамперед потрібно враховувати у дослідженнях, зважаючи в тому числі на тривалість такої взаємодії.

Активними вважаються фактори впливу техногенної підсистеми на природне середовище. Реактивні фактори виникають внаслідок дії активних та є реакцією природної системи на діяльність людини і суттєво впливають на техногенну підсистему.

До основних активних факторів взаємодії природної та техногенної

містобудівних підсистем відносяться:

- навантаження на поверхню території від міської забудови;
- наявність підземних споруд, в тому числі глибокого закладання;
- наявність дамб, гребель, інших гідротехнічних споруд, водосховищ;
- утворення стихійних сміттєзвалищ на малих річках;
- блокування водоскиду з поверхні територій, в тому числі прибережних;
- перешкоди або ускладнення фільтрації зливових вод через ґрунт;
- наявність і неналежний технічний стан дренажних систем;
- витіки з інженерних мереж тепло- й водопостачання і каналізації;
- витіки з інших інженерних мереж і систем (хімічні й т. п. речовини);
- перетворення ландшафту, заходи з інженерної підготовки території;
- змінення берегової лінії та глибини водойм, утворення нових водойм;
- зміна напрямку руху річок, в тому числі підземних;
- нераціональне використання ресурсів біосферних комплексів;
- розробка і видобуток корисних копалин у будь-який спосіб.

Механічна дія навантаження від міської забудови на поверхню території викликає в ґрунтах основи тривалі реологічні процеси ущільнення, які призводять до рівномірних і нерівномірних деформацій ґрунту, а також до витискання ґрунтових вод за напрямком до поверхні. Рівномірні деформації ґрунту не є небезпечними, але можуть тривати постійно протягом 50...100 років і більше та вчиняти додатковий вплив на елементи техногенної підсистеми. Нерівномірні деформації ґрунту, натомість, впливають суттєво та можуть відбуватися періодично. Витискання ґрунтових вод призводить до підйому їх рівня аж до виходу на поверхню території.

Підземні споруди, в тому числі глибокого закладання, розробка і видобуток корисних копалин шахтним способом перешкоджають природному водоскиду, адже перекривають підземні водоносні горизонти,

що призводить до накопичення ґрунтових вод перед такими спорудами, змінінню фізико-механічних властивостей ґрунтів (зокрема, водонасиченості, пластичності), підйому рівня ґрунтових вод і підтоплення територій.

Влаштування водосховищ на великих і малих річках за допомогою дамб, гребель, інших гідротехнічних споруд, зрошувальних каналів, змінення напрямку руху річок, в тому числі підземних, перетворює природний ландшафт, змінює природні умови на значних територіях як перед водосховищем – створює загрозу підтоплення, так і нижче за течією – викликає замулювання річок, пересушення ґрунтів. Такі заходи, крім того, завдають незворотної шкоди екосфері місцевості. До подібних результатів веде утворення стихійних сміттєзвалищ по берегах малих річок, а також в ярах, які служать для відведення природних вод в сезон дощів і танення снігу.

Ще одним чинником блокування водоскиду з поверхні територій є міська забудова, в тому числі інженерні споруди розпланування та благоустрою прибережних зон, особливо у поєднанні з занедбаними дренажними мережами систем зливного водовідведення, які внаслідок засмічення неспроможні пропускати достатню кількість води, що веде до підйому рівня ґрунтових вод, підтоплення територій, іноді до змінення фізико-механічних властивостей і хімічного складу ґрунтів.

Під нераціональним використанням природних ресурсів біосферних комплексів мається на увазі насамперед знищення природного закріплення ґрунтів, наприклад, через неконтрольоване вирубування лісів, яке також веде до накопичення надлишкової води, змінення фізико-механічних та іноді хімічних властивостей ґрунтів і підтоплення територій, а при наявності схилів – до зсувів ґрунту та утворення і сходження селєвих потоків.

Зазначені вище активні фактори мають наслідком підйом рівня ґрунтових вод і підтоплення територій, тобто замочування ґрунтів, що відбувається з глибини до поверхні ґрунтового масиву, тому цю групу

факторів можна умовно позначити як «фактори замочування знизу».

Витоки з водоносних комунікацій інженерних мереж систем тепло- й водопостачання та каналізації, а також незадовільне відведення атмосферних опадів з цоколю будівель і споруд внаслідок його незадовільного технічного стану, призводять до місцевого замочування ґрунту та створюють деформації нерівномірних осідань або просідання ґрунтів.

Схожий вплив створюють перетворення ландшафту, розробка і видобуток корисних копалин відкритим способом, змінення берегової лінії та глибини водойм, утворення нових водойм, заходи з інженерної підготовки території, які супроводжуються вийманням і переміщенням великої кількості ґрунту, наприклад, при здійсненні будівельних робіт нульового циклу, особливо, якщо вони тривають не один сезон. Незасипаний котлован або траншеї, по-перше, створюють штучні схили для містобудівних об'єктів, які знаходяться поряд, та значно підвищують вірогідність їх зсувів; по-друге, сприяють накопиченню атмосферних опадів, більш глибокому проникненню води в ґрунти основи, замочуванню масиву ґрунту відкосів, яке в свою чергу призводить до нерівномірних деформацій або просідання ґрунту [18].

Прямим наслідком дії зазначених активних факторів є замочування ґрунту, що відбувається від поверхні до глибини ґрунтового масиву, тому цю групу факторів можна умовно позначити як «фактори замочування зверху».

Окремо варто виділити витoki хімічних та інших переважно небезпечних речовини з відповідних інженерних мереж і систем. Зокрема, це актуально для виробничих територій, що підлягають реновації або рекультивації. Такі речовини викликають хімічну реакцію зі складовими ґрунту і, як наслідок, зміни його хімічного складу та фізико-механічних характеристик. Окрім додаткового впливу на матеріали фундаментів штучних об'єктів, в результаті хімічних реакцій може відбуватися стрімке збільшення об'єму ґрунту та його випирання, яке призводить до значних деформацій об'єктів забудови. В контексті занепаду промислових підприємств і майбутньої комплексної діяльності з рекультивації, санації та

реновації виробничих територій, вплив цього фактору заслуговує подальшого детального дослідження.

Таким чином, до основних реактивних факторів взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем можна віднести:

- підйом рівня ґрунтових вод;
- підтоплення територій;
- рівномірні деформації ґрунту;
- нерівномірні деформації ґрунту;
- просідання ґрунту;
- зсуви ґрунту;
- утворення і сходження селевих потоків;
- підземні обвали масивів ґрунту (мікросейсмічні явища);
- підлужування територій;
- змінення хімічного складу та фізико-механічних властивостей ґрунту.

Врахування впливу активних факторів замочування зверху вже входить в практику розрахунку та проектування будівель і споруд – визначаються теоретичні місця аварій водогонів, розміри воронок просідання, вводяться особливості поточного технічного стану об'єкту або перетвореної території тощо, але навіть для окремих будов такі впливи не мають законного підґрунтя: не зазначені в Державних будівельних нормах взагалі або зазначені частково.

Наслідками дії активних факторів замочування знизу є підйом рівня ґрунтових вод і підтоплення територій, які призводять до замочування величезних за площею масивів ґрунтів, зміні їх фізико-механічні властивостей, зокрема, зниженню міцності. В умовах просідаючих ґрунтів провокуються просідання та нерівномірні осідання основ об'єктів забудови, в результаті чого під загрозою незворотного погіршення технічного стану опиняються не окремі будівлі та споруди або їх комплекси, а цілі квартали та мікрорайони. З урахуванням рельєфу поверхні та розташування підземних

водоносних горизонтів можуть відбуватися зсуви ґрунту, утворення і сходження селевих потоків, що створює величезні додаткові навантаження на конструкції містобудівних об'єктів і суттєві наслідки.

Зазначені чинники мають враховуватися на стадіях, що передують проєктуванню окремих будівельних об'єктів, а саме – при створенні генеральних і детальних планів, зонуванні територій, плануванні розвитку міст, просторовому розплануванні та інженерній підготовці територій забудови, освоєнні підземного простору та ін. Крім того, технічні вимоги до будівель і споруд доцільно екстраполювати на рівень містобудівних одиниць – кварталів, мікрорайонів, районів, функціональних зон населених пунктів, а розрахунку на міцність і стійкість містобудівних одиниць надати статус обов'язкової складової проєкту, ввести у відповідні Державні будівельні норми.

Треба зауважити, що в процесі багаторівневого проєктного аналізу, прогнозування та розрахунку всіх змін середовища в результаті містобудівної діяльності визначена ймовірність впливу передбачуваних реактивних факторів призводить до застосування при містобудівному освоєнні територій додаткових спеціальних заходів інженерної підготовки, які в свою чергу можуть підсилити вплив активних факторів.

2.5 Причинно-наслідковий зв'язок факторів взаємодії природної та техногенної підсистем в процесі містобудівного освоєння територій

Питання планування, експлуатації, розвитку та реконструкції міських територій – як забудованих (освоєних), так і незабудованих (освоєних або таких, що плануються до освоєння) – є надзвичайно важливими перш за все з економічної, соціальної та екологічної точок зору. Недоліки або помилки, допущені під час містобудівного проєктування, як правило, не проявляються

у короткий термін, але втрати в середньо- та довгостроковій перспективі можуть вимірюватися відсотками від внутрішнього валового продукту міста або держави.

Для людей, що мешкають в містах, на перший план (після самого факту наявності житла) виходить технічний стан житлових, громадських і виробничих будівель і гігієнічні умови в їх приміщеннях, що також пов'язано із належним функціонуванням інженерних систем і мереж. На сьогоднішній день в усіх містах України склалася ситуація, коли, наприклад, при надзвичайній ситуації (суттєвій аварії або обваленні) навіть з однією багатоповерховою житловою будівлею незалежно від кількості поверхів, місцеві органи влади неспроможні виділяти постраждалим мешканцям тимчасове житло на період ремонтно-відновлювальних будівельних робіт, що створює соціальну напругу та відповідний громадський резонанс.

Екологія міст у тому числі пов'язана зі справністю і належним функціонуванням інженерних систем і мереж будівель – водопроводу, каналізації, опалення, вентиляції та інших. Якщо вихід зі строю будь-якої системи однозначно негативно позначається на комфорті мешканців, то несправність деяких може також привести до значного погіршення технічного стану будівлі в цілому або її окремих несучих конструкцій.

На сьогоднішній день значна кількість багатоповерхових житлових і громадських будівель, що зводилися навіть на початку 1980-х рр. (і раніше, в період масового будівництва), не відповідає чинним будівельним нормам, які зазначають термін експлуатації таких об'єктів 100 років. Прослуживши лише 35-60 років, такі будівлі мають незадовільний технічний стан, що часто граничить з аварійним. Наприклад, у Запоріжжі офіційно визнано «передаварійними» близько 2 % багатоквартирного житлового фонду міста. Зрозуміло, що більшість таких будівель була занедбана скоріше під час експлуатації, ніж за причин недоліків у проєктах чи містобудівних прорахунків, однак якщо проблема набуває широкого масштабу, то її вирішення, хоча б часткове, треба шукати на більш загальному

містобудівному рівні.

Крім того, в процесі містобудівної діяльності, зокрема експлуатації міських територій, істотно змінюються зовнішні умови порівняно з тими, що враховувалися у проєктах. Зміни зовнішніх умов викликані різноманітними чинниками – факторами взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем. Визначення цих факторів, їх взаємозв'язків, ступеню впливу на середовище та подальше врахування їх у структурно-логічних, інформаційних та інших моделях міста або окремих територій призведе до нівелювання негативних наслідків неналежної експлуатації, інженерного перетворення або реконструкції територій, а також до підвищення стійкості як техногенної, так і природної містобудівних підсистем.

Проблеми прогнозування та розрахунку змін матеріально-просторового середовища, що відбуваються в процесі містобудівної діяльності, як складових частин проєктного аналізу на всіх його рівнях, підіймалися неодноразово впродовж вже декількох останніх десятиліть [3].

Під матеріально-просторовим середовищем, або просто – середовищем, розуміється місто як природно-техногенне явище та продукт антропогенної діяльності, що включає в себе також елементи природного середовища [1].

При цьому зазначалося, зокрема, важливість передбачення наслідків тієї чи іншої зміни середовища, в тому числі й тих, які на перший погляд вважаються малозначущими [2].

Наприклад, було показано, яким чином нове будівництво в умовах щільної забудови впливає на стійкість територій і напружено-деформований стан конструкцій вже існуючих будівель і споруд. Особлива увага приділялася прогнозуванню можливих наслідків будівництва нових об'єктів серед забудови, що експлуатується, однак акценти зроблено на методології аналізу стійкості міських територій при реконструкції саме в умовах щільної забудови, дослідженнях зони впливу нового будівництва або реконструкції, укріпленні ґрунтових масивів, а також на збереження прилеглої існуючої

забудови [34].

Цим же автором запропоновано концепцію наукового обґрунтування розвитку планування і реконструкції щільної забудови зі складними інженерно-геологічними умовами для науково-технічного супроводу процесів інженерного перетворення міських територій, а також вироблення рекомендацій для безпечного і збалансованого розвитку територій та більш ефективного використання сельбищних територій [35].

Тобто, фактично досліджено лише один, хоча й значущий, фактор впливу на існуючу забудову при обмеженні низки умов (щільна забудова міст, складні інженерно-геологічні умови тощо), в той час, коли в процесі містобудівної діяльності виникає більша кількість різноманітних факторів, причому одночасно, і доцільно враховувати їх сукупний вплив.

Також запропоновано концепцію оцінки ризиків та прогнозування наслідків інженерного перетворення міських територій на основі аналізу їх характеристик, складу та стану існуючої забудови, параметрів нового будівництва, у якій розглянуто низку факторів ризику [36].

Проте, в дослідженні розглядаються важливі, але окремі випадки – в залежності від певних умов міської території, що розглядається, й відсутня узагальнена картина взаємного впливу умов і факторів, що виникають в процесі містобудівної діяльності.

Певний інтерес до визначення й аналізу факторів, що впливають на існуючу забудову в процесі її експлуатації, проявляють спеціалісти з розрахунку та проєктування будівельних конструкцій, будівель і споруд, які досліджують вплив надпроектних навантажень на напружено-деформований стан конструкцій будівель та споруд [37].

В даному випадку дії антропогенних і природних чинників зводяться до навантажень на несучі конструкції будівельних об'єктів, що експлуатуються. У вказаній роботі розглядається одночасний вплив фактично двох-трьох факторів, що не враховувалися (й не могли бути врахованими) на стадії проєктування, й відсутній комплексний аналіз впливу

всієї сукупності природних і антропогенних факторів.

Фахівці з будівельного виробництва також звертають увагу на фактори, що впливають на життєвий термін будівель і споруд в процесі їх експлуатації з метою вдосконалення технології будівельних процесів задля забезпечення надійності об'єктів будівництва впродовж усього їх терміну експлуатації [38].

Основні фактори взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем наведено в [39].

Сукупність явищ, що відбуваються в процесі містобудівної діяльності на території, що є освоєною або планується до освоєння, доцільно диференціювати та структурувати в залежності від їх чинників. Диференційовані явища є факторами впливу на освоєну – забудовану або незабудовану – міську територію (або територію, що тільки планується до освоєння), як певний комплекс систем, і взаємопов'язані один з одним.

Логічною є первинна класифікація факторів взаємодії за містобудівною підсистемою, до яких вони відносяться, – природною чи техногенною. Спричинені антропогенною діяльністю фактори вважаються активними, бо людина діє у вже існуючому природному середовищі; природні – реактивними, адже дії людини викликають змінення природних умов, що приводить до зворотних впливів природних чинників на антропогенне середовище.

Конкретний природний або антропогенний фактор може бути пов'язаний з одним або декількома іншими, або впливати на один або декілька факторів. Визначення взаємозв'язків між природними й антропогенними факторами сприяє подальшому структурному моделюванню містобудівного освоєння територій.

Активними (антропогенними) факторами є: 1) вид об'єкту забудови, його конструкція; 2) конфігурація об'єкту забудови в плані; 3) висота (поверховість) об'єкту забудови; 4) глибина підземної частини об'єкту забудови; 5) матеріали, використані в об'єкті забудови; 6) щільність

забудови; 7) розгалуженість вулично-дорожньої мережі; 8) рівень озеленення і благоустрою території; 9) наявність вертикального планування, інших заходів інженерної підготовки території; 10) порушення стоку поверхневих вод; 11) неорганізований водостік уздовж доріг; 12) перешкоджання природному дренажу; 13) наявність штучних дренажних систем та їх працездатність в період експлуатації об'єкту забудови; 14) затримка ґрунтових вод об'єктом забудови; 15) конденсація вологи під об'єктом забудови; 16) засмічення водойм, річищ річок, каналів; 17) підпір ґрунтових вод від водосховищ, водопровідних і зрошувальних каналів; 18) накопичення поливних вод у ґрунті на зрошувальних територіях; 19) витіки води з мереж водопостачання та водовідведення; 20) інфільтрація в ґрунт води, інших рідин при аваріях магістральних трубопроводів, несанкціонований злив виробничих рідин.

Реактивними (природними) факторами є: 21) рельєф місцевості; 22) геологічна будова та інженерно-геологічні характеристики ґрунту; 23) гідрографічні та гідрологічні умови території (режим поверхневих вод); 24) гідрогеологічні умови території (режим ґрунтових вод); 25) попадання атмосферних опадів і талих вод в ґрунт; 26) інфільтрація паводкових вод; 27) конденсація вологи у верхніх шарах ґрунту (природня); 28) підйом ґрунтових вод з нижніх горизонтів у верхні; 29) наявність і здатність природного дренажу території; 30) фільтраційна здатність ґрунтів при насиченні водами; 31) температурний режим зони водонасичення; 32) випаровування вологи з поверхні території; 33) споживання вологи рослинами.

Класифікацію факторів взаємодії за містобудівною системою, до яких вони відносяться, наведено в табл. 2.1.

Далі виділяються групи факторів за ступенем впливу. Серед перелічених вище факторів є такі, що тільки впливають і не залежать від жодного іншого. Наприклад, вид об'єкту забудови – антропогенний фактор 1 змінює рельєф місцевості та стік поверхневих вод, порушує геологічну будову верхніх шарів ґрунтового масиву, природний дренаж, перешкоджає

Таблиця 2.1 – Фактори взаємодії містобудівних систем

Техногенні фактори		Природні фактори	
№	Назва	№	Назва
1	Вид і конструкція об'єкту	21	Рельєф місцевості
2	Конфігурація об'єкту забудови в плані	22	Інженерно-геологічні характеристики ґрунту
3	Висота (поверховість) об'єкту забудови	23	Гідрографічні та гідрологічні умови території
4	Глибина підземної частини об'єкту забудови	24	Гідрогеологічні умови території
5	Матеріали, використані в об'єкті забудови	25	Попадання атмосферних опадів і талих вод в ґрунт
6	Щільність забудови	26	Інфільтрація паводкових вод
7	Розгалуженість вулично-дорожньої мережі	27	Конденсація вологи у верхніх шарах ґрунту (природня)
8	Рівень озеленення і благоустрою території	28	Підйом ґрунтових вод з нижніх горизонтів у верхні
9	Наявність вертикального планування, інших заходів інженерної підготовки	29	Наявність і здатність природного дренажу території
10	Порушення стоку поверхневих вод	30	Фільтраційна здатність ґрунтів при насиченні водами
11	Неорганізований водостік уздовж доріг	31	Температурний режим зони водонасичення
12	Перешкоджання природному дренажу	32	Випаровування вологи з поверхні території
13	Наявність штучних дренажних систем та їх працездатність	33	Споживання вологи рослинами
14	Затримка ґрунтових вод об'єктом забудови		
15	Конденсація вологи під об'єктом забудови		
16	Засмічення водойм, річок, ін.		
17	Підпір ґрунтових вод від водосховищ, каналів		
18	Накопичення поливних вод на зрошувальних територіях		
19	Витоки води з мереж водопостачання та водовідведення		
20	Інфільтрація в ґрунт води, інших рідин при аваріях магістральних трубопроводів		

руху ґрунтових вод, оскільки будь-яка будівля заглиблюється в землю (21-24 і 29), також від нього залежать висота об'єкту забудови, необхідні заходи з інженерної підготовки території, щільність забудови, розгалуженість вулично-дорожньої мережі, ступінь розвитку соціальної інфраструктури, частка озеленення території та загальний рівень благоустрою, кількість конденсату під об'єктом забудови, змінення природної конденсації вологи у верхніх шарах ґрунту, фільтраційна здатність ґрунтів при насиченні водами та ступінь випаровування вологи з поверхні території (3, 6-9, 15, 27, 30, 32).

Видно, що один антропогенний фактор може спричиняти цілу низку реакцій природної системи та впливати на інші, які в даному випадку є підпорядкованими. Більшість факторів одночасно впливають і знаходяться під впливом, також є такі, що тільки зазнають впливу й не впливають на інші.

Серед факторів, на які не впливає жоден інший, зустрічаються виключно антропогенні – вид об'єкту забудови та його конструкція, конфігурація об'єкту в плані, глибина підземної частини, матеріали, використані в об'єкті забудови, підпір ґрунтових вод від водосховищ, водопровідних і зрошувальних каналів, інфільтрація в ґрунт води та інших рідин при аваріях магістральних трубопроводів або несанкціонований злив виробничих рідин (1, 2, 4, 5, 17, 20).

Прикладом підпорядкованого природного фактору (що не впливає на інші, а лише зазнає впливу), є фільтраційна здатність ґрунтів при насиченні водами (фактор 30). На нього впливають як антропогенні фактори – вид об'єкту забудови, його конструкція, конфігурація в плані, глибина підземної частини, матеріали, використані в об'єкті забудови, інфільтрація в ґрунт води та інших рідин при аваріях магістральних трубопроводів або несанкціонований злив виробничих рідин (1, 2, 4, 5, 20); так й інші природні – попадання атмосферних опадів і талих вод в ґрунт, інфільтрація паводкових вод, підйом ґрунтових вод з нижніх горизонтів у верхні (25, 26, 28).

Слід зазначити, що суто підпорядкованими факторами є виключно природні – фільтраційна здатність ґрунтів при насиченні водами, температурний режим зони водонасичення, випаровування вологи з поверхні території, споживання вологи рослинами (30-33).

Одним з факторів, що одночасно впливають і знаходяться під впливом, є антропогенний 9 – наявність вертикального планування та інших заходів інженерної підготовки території. На нього впливають інші активні фактори (1, 2, 4-8); сам він впливає як на природний (27), так й інші антропогенні (10, 12).

Аналогічно розглядаються інші природні та антропогенні фактори і

визначається їх взаємний вплив. Схему взаємозв'язку природних і антропогенних факторів, що впливають на освоєну територію в процесі містобудівної діяльності, наведено на рис. 2.4.

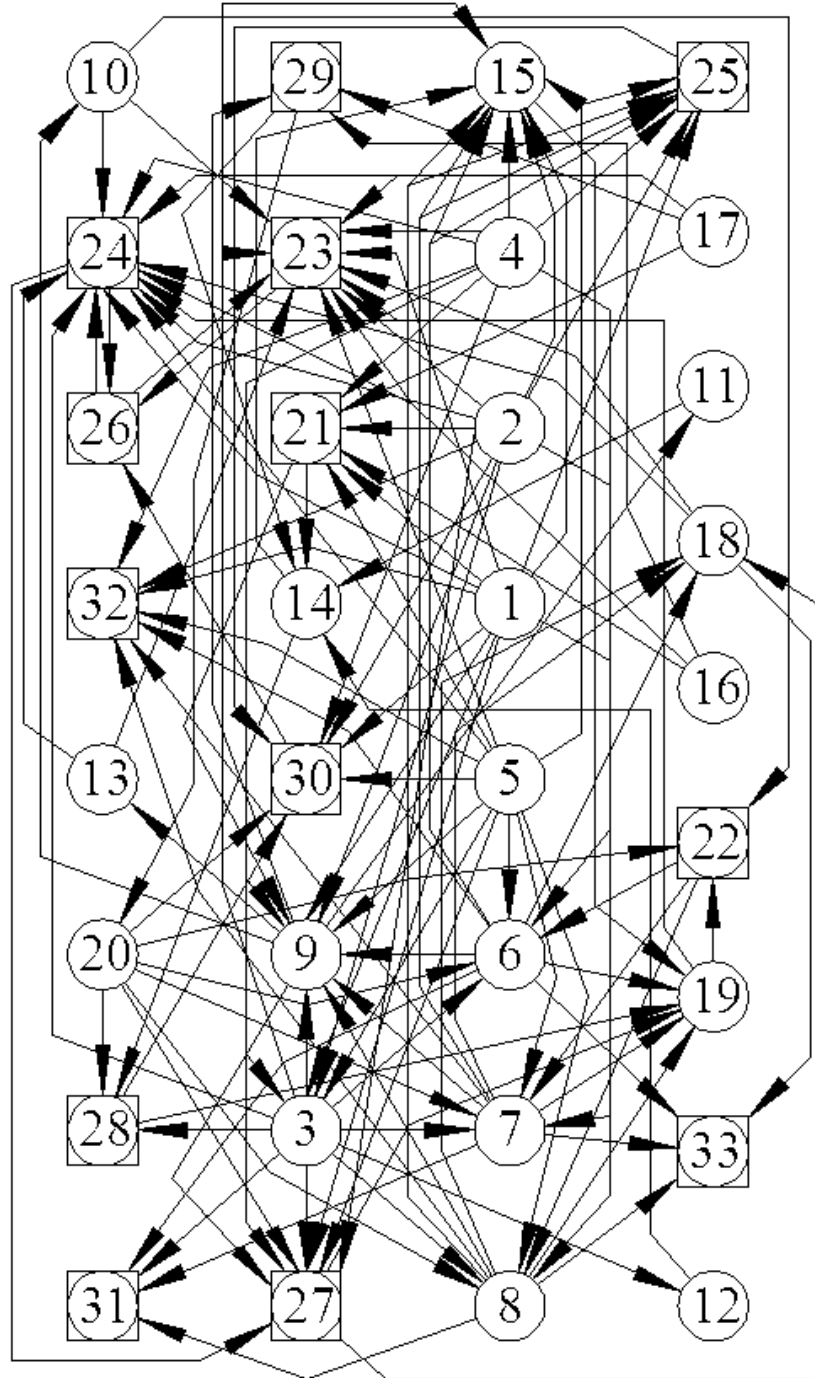


Рисунок 2.4 – Схема взаємозв'язку природних і техногенних факторів

Аналізуючи взаємні зв'язки, можна зазначити, що більшість

антропогенних факторів впливає як на природні, так і на антропогенні, при цьому деякі природні є взаємозалежними. Але зустрічаються випадки, коли природні фактори впливають на антропогенні. Таким чином, висока ймовірність виникнення передбачуваних природних факторів призводить до застосування в процесі містобудівного освоєння територій спеціальних заходів інженерної підготовки, які в свою чергу підсилюють вплив антропогенних факторів. Сукупність взаємопов'язаних природних та антропогенних факторів визначають умови освоєної території (забудованої або незабудованої) і можуть бути використані для побудови структурних, логічних, інформаційних та інших моделей містобудівного освоєння територій, що в подальшому можна використовувати для прогнозу та розрахунку всіх змін середовища в процесі містобудування.

2.6 Параметри взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем

У взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем аналізується комплекс явищ і процесів, притаманних певній території, що розглядається [40].

Компоненти цих систем в процесі містобудівного освоєння або реконструкції міських територій знаходяться під впливом різноманітних факторів, які розділяються на активні та реактивні [39].

Фактори, які впливають на рівень стійкості природно-техногенної підсистеми містобудівної системи, виділені у [2], однак більш пізні дослідження (наприклад, [33]) показують необхідність розширення та уточнення первісного переліку чинників, часткового змінення їх взаємного зв'язку, а також перегляду ступеню їх дії на містобудівні підсистеми (як природну, так і техногенну) [32, 41, 42].

Крім того, раніше проводилися доволі вичерпні дослідження щодо прогнозування наслідків інженерної підготовки реконструкції міських територій зі щільною забудовою та складними геологічними умовами [33]. Однак процеси взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем розпочинаються при інженерній підготовці також нової території під забудову, при цьому відбиваються при подальшій експлуатації та розвитку міста, тому й задачі теорії взаємодії природної та техногенної підсистем в процесі містобудівного освоєння територій більш ширші та всеохоплюючі.

Фактори взаємодії виражаються впливом на компоненти вказаних систем, які мають кожен власну характеристику. В цілому, схему та параметри взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем показано на рис. 2.5.

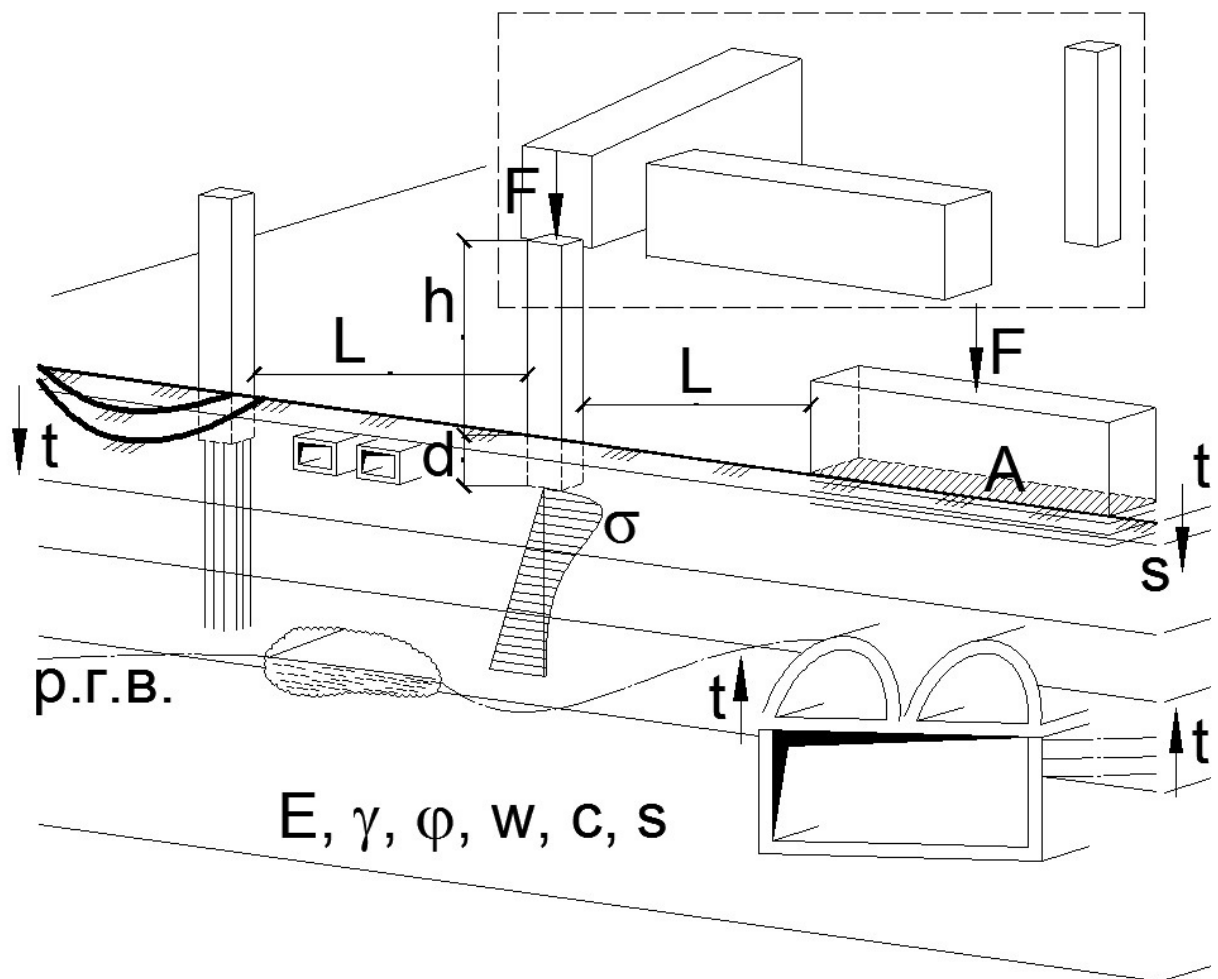


Рисунок 2.5 – Параметри взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем

Всі параметри підлягають наступній формалізації в єдиній задачі та є розрахунковими характеристиками математичної моделі взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем в залежності від мети розрахунку.

Природна система характеризується рельєфом території, який визначається функцією криволінійної поверхні або координатами обраних точок поверхні, складом ґрунтів, кожен шар яких має власні межі та фізико-механічні характеристики. Межі шарів ґрунту визначаються координатами точок або функціями криволінійних поверхонь, фізико-механічні характеристики визначаються за результатами інженерно-геологічних вишукувань і розглядаються наступні:

E – модуль деформацій ґрунту, основна механічна характеристика, що виражає міцність ґрунту;

γ – щільність ґрунту;

φ – кут природного відкосу ґрунту;

W – водонасиченість ґрунту;

c – коефіцієнт жорсткості ґрунту;

s – показник осідання ґрунту під навантаженням тощо.

До параметрів природної системи також відносяться:

– рівень ґрунтових вод, який визначається координатами точок або функціями криволінійних поверхонь;

– наявність карстів, природних каналів підземних річок, що визначаються координатами межених точок і міцністю склепіння;

– підземні річки та інші водойми характеризуються гідрогеологічними параметрами (водним режимом та ін.);

– підземні горизонти водоскиду вод, що фільтруються з денної поверхні, що визначаються функціями криволінійних поверхонь або координатами точок.

Наземні річки та інші водойми характеризуються зміненням рельєфу поверхні території, стійкістю узбережь і гідрологічними характеристиками (водним режимом та ін.).

Техногенна підсистема містить об'єкти забудови поверхні та підземного простору території, які мають узагальнені параметри:

A – площа забудови;

F – сукупна вага об'єкту забудови, що також включає всі зовнішні навантаження та дії на будівлю або споруду;

h – висотність забудови;

L – відстань між об'єктами забудови, яка також характеризує щільність забудови;

d – заглибленість об'єктів надземної забудови у ґрунт.

Підземні штучні об'єкти – канали, тунелі, бункери, резервуари для збору ливневих вод, шахти та штольні тощо – характеризуються глибиною залягання, габаритними розмірами та/або протяжністю, а також всіма характеристиками для наземних об'єктів.

Реактивні фактори взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем також мають свої параметри, що співвідносяться зі зміненням вихідних значень параметрів як природної, так і техногенної підсистем.

До них відносяться:

– напруження в ґрунті від об'єктів забудови, а також сумарні осідання ґрунту;

– значення нерівномірних осідань та просідання ґрунту (при наявності такої можливості);

– осідання ґрунту в довгостроковій перспективі від ваги забудови;

– підйом рівня ґрунтових вод в довгостроковій перспективі;

– концентрація ґрунтових вод біля підземних споруд;

– змінення власних характеристик шарів ґрунту (водонасиченість, модуль деформації, щільність та ін.);

– змінення рельєфу поверхні території за будь-яких причин (як при осіданнях та просіданні ґрунту, так і при відкритій розробці, влаштуванні котлованів під забудову тощо).

Всі перелічені вище параметри змінюються з часом від початку

містобудівного освоєння територій й надалі – протягом всього періоду експлуатації та реконструкції територій.

Тому створення математичної моделі, яка б включала ці параметри, їх взаємний вплив і змінення з часом, вирішить задачу прогнозування та розрахунку змін природно-антропогенного середовища в результаті містобудівної діяльності в рамках проєктного аналізу на всіх його рівнях задля надійної та довговічної експлуатації об'єктів забудови, а такої сталого та збалансованого розвитку територій в цілому.

2.7 Висновки за розділом 2

Розроблена методика формування адекватних розрахункових моделей об'єктів забудови в умовах взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем, зокрема з ґрунтовими основами, з урахуванням попередніх деформацій дозволяють проводити коректну оцінку НДС, прогнозування реакції будівель і споруд, що експлуатуються в складних інженерно-геологічних умовах, при різних статичних і динамічних впливах. Результати даного дослідження можуть лягти в основу містобудівних рішень щодо розпланування як незабудованих (при проєктуванні), так і забудованих територій (при їх реконструкції, перетворенні), а також обґрунтування заходів з інженерної підготовки.

Зазначені чинники мають враховуватися на стадіях, що передують проєктуванню окремих будівельних об'єктів, а саме – при створенні генеральних і детальних планів, зонуванні територій, плануванні розвитку міст, просторовому розплануванні та інженерній підготовці територій забудови, освоєнні підземного простору та ін. Крім того, технічні вимоги до будівель і споруд доцільно екстраполювати на рівень містобудівних одиниць – кварталів, мікрорайонів, районів, функціональних зон населених пунктів, а

розрахунку на міцність і стійкість містобудівних одиниць надати статус обов'язкової складової проекту, ввести у відповідні будівельні норми.

Окрім використання результатів у практиці містобудування та територіального планування, теорія і методологія взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем може бути підґрунтям для подальших наукових досліджень і практичних розробок за напрямками розробки моделей процесів реконструкції міської забудови та містобудівного освоєння територій в цілому, обґрунтування містобудівних рішень з планування нової забудови та реконструкції існуючої, планування розвитку міста, здійснення оцінки наслідків містобудівних рішень з освоєння і реконструкції територій, що експлуатуються, на стадіях передпроектної проробки, вдосконалення нормативної бази планування забудови та реконструкції міських територій.

Більшість антропогенних факторів впливає як на природні, так і на антропогенні, при цьому деякі природні є взаємозалежними. Але зустрічаються випадки, коли природні фактори впливають на антропогенні. Висока ймовірність виникнення передбачуваних природних факторів призводить до застосування в процесі містобудівного освоєння територій спеціальних заходів інженерної підготовки, які в свою чергу підсилюють вплив антропогенних факторів. Сукупність взаємопов'язаних природних та антропогенних факторів в подальшому можна використовувати для прогнозу та розрахунку всіх змін середовища в процесі містобудування.

Параметри взаємодії природної та техногенної підсистем змінюються з часом від початку містобудівного освоєння територій й надалі – протягом всього періоду експлуатації та реконструкції територій. Створення математичної моделі, яка б включала ці параметри, їх взаємний вплив і змінення з часом, вирішить задачу прогнозування та розрахунку змін природно-техногенного середовища в результаті містобудівної діяльності в рамках проектного аналізу на всіх його рівнях задля надійної та довговічної експлуатації об'єктів забудови, сталого і збалансованого розвитку територій.

РОЗДІЛ 3

ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ ПІДСИСТЕМИ В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ МІСТ

В останні роки значно збільшилася кількість об'єктів міської забудови, що мають незадовільний та аварійний технічний стан, при тому, що термін експлуатації більшості з них, зазначений у чинних будівельних нормах [13], складає 100 років, натомість на даний час вони прослужили лише 35-60 років. Наприклад, у місті Запоріжжя офіційно визнано «передаварійними» близько 2 % багатоквартирного житлового фонду. Звісно, більшість таких будівель була занедбана скоріше при експлуатації, ніж за причин недоліків у проєктах чи містобудівних прорахунків, однак при тому, що проблема набуває значного масштабу, частково її вирішення можна шукати на містобудівному рівні.

В процесі містобудівної діяльності, експлуатації міських територій, істотно змінюються зовнішні умови порівняно з тими, що враховувалися у проєктах. Зміни зовнішніх умов викликані різноманітними чинниками – факторами взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем [39].

Одними з найзначніших таких факторів є рельєф місцевості, гідрографія, геологічна будова, гідрогеологічні умови території, інженерно-геологічні характеристики ґрунтів [2].

3.1 Характеристика та особливості інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов забудованих територій м. Запоріжжя

Особливості інженерно-геологічних досліджень у м. Запоріжжя обумовлені специфікою ґрунтових і гідрогеологічних умов його території:

- наявністю переважно потужної товщі лесових просідаючих ґрунтів;
- за типом просідання ґрунти переважно такі, що мають величину просідання понад 5 см;
- різкими перепадами рівня ґрунтових вод навіть у межах досить обмеженої території, що пояснюється геоморфологічними особливостями територій, їх висотними відмітками та щільністю забудови;
- впливом Дніпровського водосховища;
- наявністю частково діючих шламонакопичувачів;
- поступовим розтіканням потужних водних куполів, що формуються у промислових зонах і т.д.

Територія м. Запоріжжя входить до складу південної платформної частини України, та згідно до схеми районування лесових порід вона відноситься до придніпровської підобласті області українського кристалічного щита нельодовикової зони [43].

Лесові ґрунтові породи відносяться до четвертинних відкладень, які мають широке покривне розповсюдження на більшій частині території України та значною мірою визначають специфіку архітектурно-планувальних рішень, характер і методи будівництва різноманітних будівель і споруд. В першу чергу це стосується зон, де лесові товщі мають максимальні потужності та с позицій будівельних норм відносяться до складних інженерно-геологічних умов з можливим просіданням лесових ґрунтів в умовах їх замочування на понад 5 см.

Метою даного дослідження є визначення характерних особливостей інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов території на прикладі м. Запоріжжя на основі збору, аналізу та систематизації матеріалів інженерно-геологічних вишукувань, що виконувалися різними відомчими спеціалізованими організаціями впродовж 1960-2010-х рр.

Порізанисть території ярушно-балковою системою та її загальний уклін у бік долини Дніпра обумовлюють різкі перепади відміток поверхні – 17-105 м. Найбільш високі абсолютні відмітки характерні для рівнинних і

слабо пологих ділянок вододілів, до яких в тому числі відноситься 6-те селище Запоріжжя («Соцмісто») з абсолютними відмітками 60-75 м та деякі інші райони міста.

Пологі схили вододілів в окремих місцях переходять в урвисті оголені береги річки Дніпро та ярів або створюють схили балок і місцевих понижень, що виникають на фоні загального підвищеного рельєфу території. Мінімальні абсолютні відмітки поверхні рельєфу (17-19 м) фіксуються в заплаві Дніпра.

Лівобережна частина долини Дніпра має чотири надзаплавні тераси, поверхня та уступи яких практично знівельовано як під впливом комплексу природних факторів, так і в результаті антропогенної діяльності.

Згідно до [45], територія міста входить до складу територій України, лесові ґрунтові породи яких здатні при замочування до значних деформацій – просідань. Так, на високих відмітках, де лесова товща сягає потужності 25-40 м, загальне можливе сумарне просідання ґрунтів складає 75-100 см і більше (тобто значно більші за 5 см). До цього типу умов відносяться зони розвитку надзаплавних терас В, Г і частково Б (див. рис. 3.2-3.3). До типу ґрунтових умов зі значеннями просідаючих деформацій до 5 см відносяться ділянки надзаплавних терас А та частково Б, а також окремі підтоплені зони міських територій, які, проте, мають високі відмітки поверхні.

Ускладнюючими факторами для території міста й, відповідно, нормальної – безаварійної – експлуатації об'єктів забудови є:

- загальнорегіональна тенденція підняття рівня підземних вод у межах міських територій в результаті значного зменшення можливості природного водообміну між атмосферою та ґрунтами;

- практично повсюдні та постійні значні втрати води з чисельних систем підземних водоносних комунікацій та її інфільтрація в ґрунти, а також ряд інших факторів, що в сукупності з вищевказаними призводять до створення локальних куполів ґрунтово-техногенних вод, зниженню несучої здатності лесових ґрунтів і підтопленню територій, що мають низькі відмітки, чи територій, на яких відсутні прошарки піщаних ґрунтів, або

поблизу від поверхні яких залягають більш важкі ґрунти з низькою фільтраційною здатністю.

Центральною частиною міста, враховуючи специфіку його розташування, а саме – витягнутість вздовж річки Дніпро, прийнято вважати район проспекту Соборного (в минулому Леніна) від площі Запорізької (в минулому Леніна) до вулиці Базарної (в минулому Анголенка) (рис. 3.1).

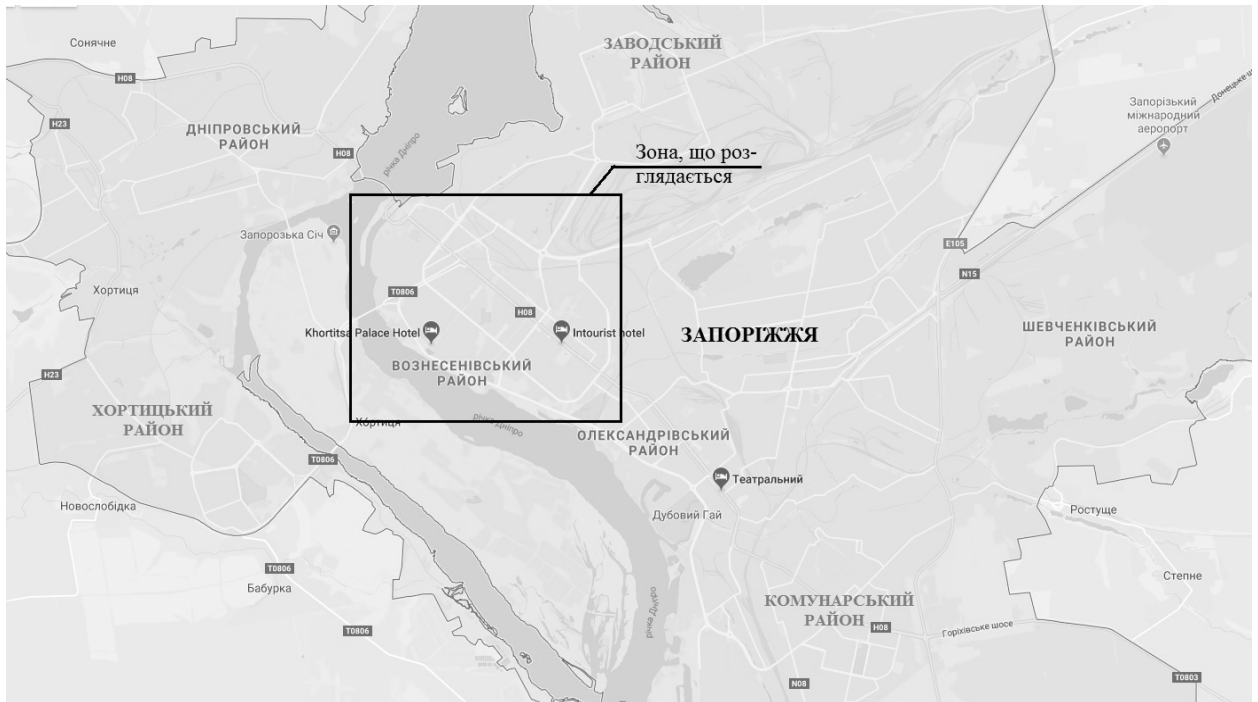


Рисунок 3.1 – Схематична карта м. Запоріжжя

Просторове розміщення міста та його центральної частини вздовж долини Дніпра обумовлює особливості рельєфу поверхні та геолого-геоморфологічної будови території. В цілому в межах центральної частини міста виділяються дві морфоструктури, що характеризуються властивими формами рельєфу, геолого-геоморфологічними, інженерно-геологічними та гідрогеологічними умовами:

- 1) на ділянці від пл. Запорізької до району вул. Гагаріна;
- 2) від вул. Гагаріна до р. Мокра Московка.

Забудова частини міста на ділянці від пл. Запорізької до вул. Гагаріна,

за виключенням окремих будівель, в цілому здійснювалася в 1950-ті рр. без попередньої інженерної підготовки ґрунтів основ з метою покращення їх будівельних характеристик і заходів з підсилення несучих конструкцій будівель; водоносні мережі, які є найважливішим фактором замочування ґрунтів основ, виконувалися без урахування складності геологічних умов.

Забудова зони міста від вул. Гагаріна до майдану Волі та окремі будівлі в районі вул. Базарної здійснювалася в основному у 1960-1970 рр. із застосуванням різноманітних методів перетворення будівельних характеристик лесових просідаючих ґрунтів і конструктивних заходів, передбачених нормами.

Враховуючи вік забудови, призначення та технічний стан її об'єктів, кількість пошкоджених та аварійних будівель, а також практичну відсутність заходів попередньої інженерної підготовки ґрунтів основ та ін., найбільший інтерес для дослідження має центральна частина м. Запоріжжя на ділянці від пл. Запорізької до району вул. Гагаріна. В адміністративному відношенні ця частина міста входить до складу Дніпровського (в минулому Ленінського) та Вознесенівського (в минулому Орджонікідзевського) районів (рис. 3.2).

Ділянка, що розглядається, характеризується спокійним рівнинним рельєфом з доволі високими абсолютними відмітками поверхні – близько 60-80 м (за Балтійською системою висот), на фоні якого виділяються понижена частина рельєфу з абсолютними відмітками 57-60 м (балка Алюмінієва, що перетинає пр. Соборний в районі бульвару Шевченка) та підвищена з відмітками 80-86 м (майдан Героїв / площа Фестивальна).

В геоморфологічному відношенні обрана ділянка в цілому є вододільною частиною лівого корінного берега, який складається потужною товщею лесових суглинисто-супіщаних відкладень (близько 19-34 м), що залягають на корі вивітрювання кристалічних порід (гранітів), вивітрених у верхній частині до жорствяно-щебеневого стану. В окремих місцях – наприклад, на частині території, що розглядається, між вул. Лермонтова та Гагаріна, – лесова товща підстиляється піщаними ґрунтами неогенового віку.

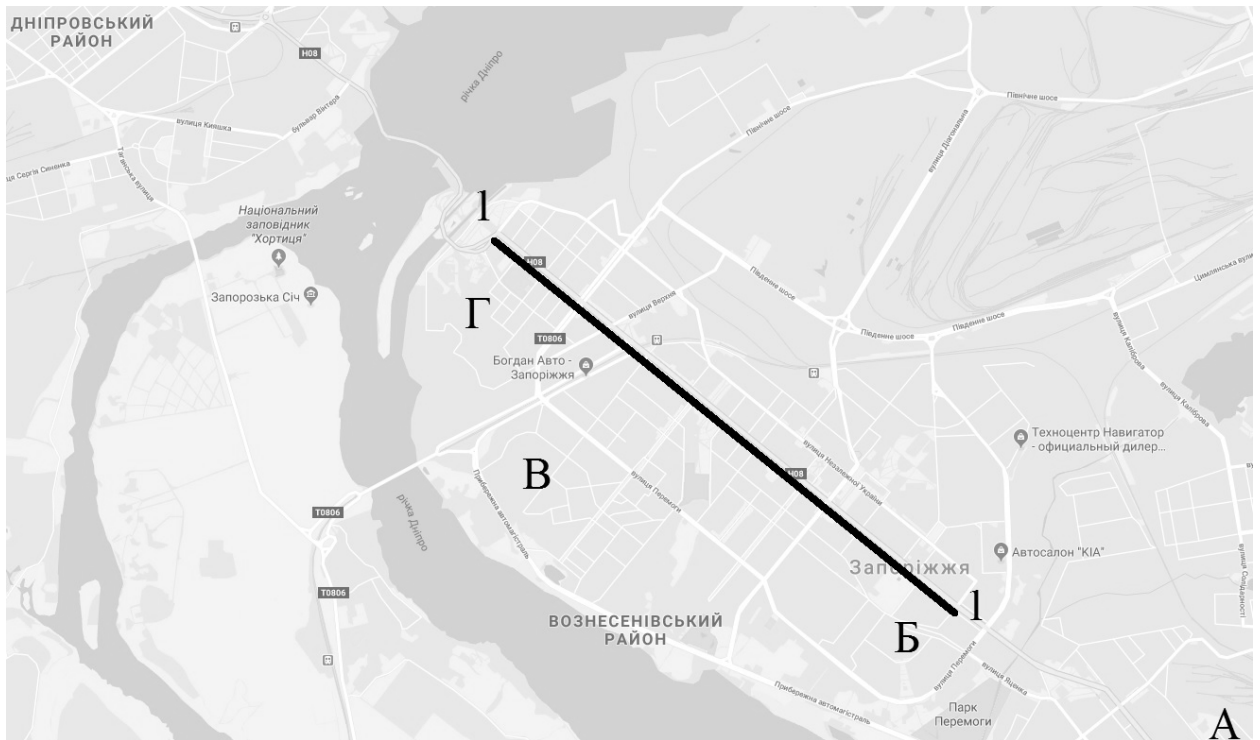


Рисунок 3.2 – Схематична карта зони м. Запоріжжя, що розглядається: А-Г – зони розвитку надзаплавних терас Дніпра; 1-1 – лінія інженерно-геологічного розрізу

Лесові ґрунти до рівня ґрунтових вод просідаючі, тобто при замочуванні водою здатні давати просадки – осідання з різким погіршенням їх будівельних властивостей. Потужність просідаючої товщі в основному складає 13-21 м, за виключенням району балки Алюмінієвої, де вона зменшується до 4 м. Ґрунтові умови за просіданням в цілому характеризуються як такі, що мають величину просідання понад 5 см, в Алюмінієвій балці – до 5 см.

Підземні води, що визначають потужність просідаючої товщі та ґрунтові умови території, залягають на глибинах 4,6-27 м (відповідно, у балці та по вул. Гагаріна) від існуючої поверхні. Абсолютні відмітки рівня підземних вод змінюються в межах 41-66 м, а поверхня дзеркала підземних вод повторює форму рельєфу – підвищується на вододільних ділянках і знижується у від'ємних формах рельєфу. Максимальна відмітка

відзначається на найбільш підвищеній частині – район пл. Фестивальної, мінімальна – на передсхильній частині балки Капустянка (район вул. Гагаріна), де відбувається різке зниження рівня з огляду на близьке розташування зони розвантаження.

За інженерно-геологічним районуванням територія, що розглядається, відноситься до такої, що потенційно підтоплюється, а в районі Алюмінієвої балки – до підтопленої. За сукупністю геоморфологічних, інженерно-геологічних і гідрогеологічних факторів ділянка, що розглядається, класифікується як складна. Категорія складності території в цілому третя, в зоні приблизно між вул. 12-го Квітня та Лермонтова – друга.

Схематичну карту ґрунтових умов території м. Запоріжжя з умовно виділеними районами та типами ґрунтових умов за просіданням у межах цих районів для зони міста, що розглядається, наведено на рис. 3.3.

Територію міста було поділено на 14 умовних районів за ґрунтовими умовами (центральна зона, що розглядається, містить 3 таких райони), для кожного з яких складено зведені геолого-літологічні колонки та визначено:

- коефіцієнти відносного просідання ґрунтів під дією власної ваги та при умовно реальному навантаженні 20 т/м^2 ;
- деформаційні та міцнісні властивості ґрунтів;
- потужності просідаючої товщі;
- загальна сумарна просадка лесової товщі під дією власної ваги та умовно реального навантаження;
- рівень ґрунтових вод.

Інженерно-геологічний розріз частини території міста, що розглядається, який містить основні потужності шарів ґрунту (в метрах) та рівень ґрунтових вод, наведено на рис. 3.4. Інженерно-геологічні ґрунтові умови усереднено за зведеними геолого-літологічними колонками, висотні позначки рельєфу утрирувано, межі шарів ґрунту та рівень ґрунтових вод інтерпольовано.



Рисунок 3.3 – Схематична карта ґрунтових умов зони м. Запоріжжя, що розглядається: 6...8 – умовні райони за ґрунтовими умовами; I...II – ділянки території за типом просідання; А...Г – зони розвитку надзаплавних терас Дніпра; 1-1 – лінія інженерно-геологічного розрізу

Таким чином, територія м. Запоріжжя відноситься до районів України зі складними інженерно-геологічними та гідрогеологічними умовами, будівельне освоєння яких і наступна експлуатація об'єктів вимагають суворого дотримання норм і правил, що регламентують антропогенну (інженерно-господарську) діяльність у таких специфічних умовах.

Територія центральної частини міста за сукупністю факторів, що впливають на категорію складності інженерно-геологічних умов,

характеризується як складна. На фоні ділянок зі значними товщами просідаючих ґрунтів, замочування яких призводить до суттєвої аварійності будівель, мають місце підтоплені зони, які також чинять несприятливий вплив на умови експлуатації об'єктів забудови.

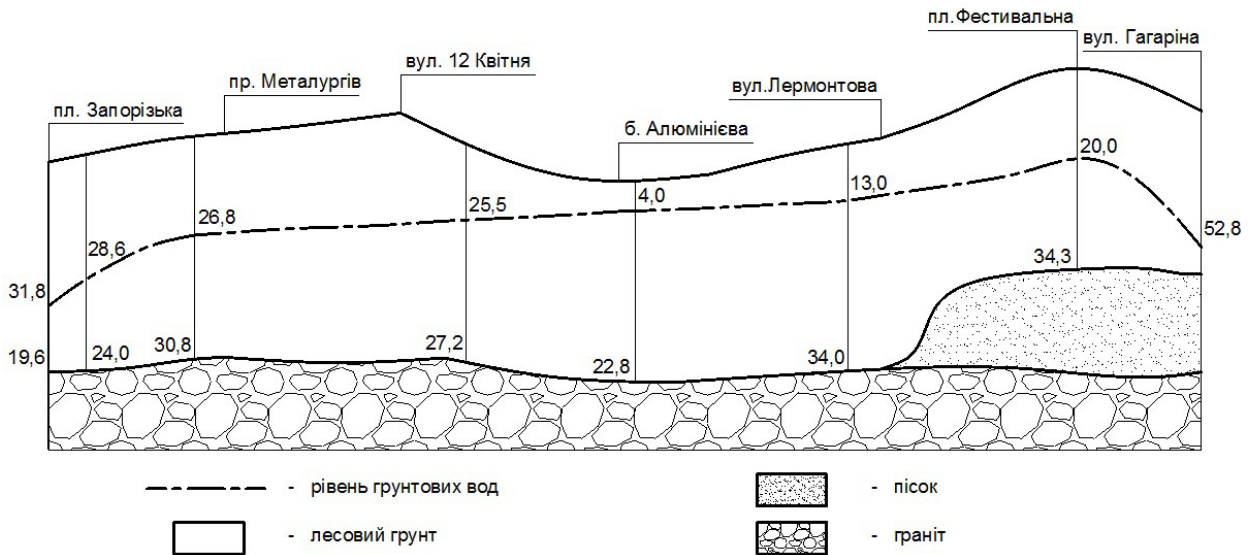


Рисунок 3.4 – Інженерно-геологічний розріз частини території міста, що розглядається

3.2 Аналіз взаємного впливу параметрів природної та техногенної містобудівних підсистем

Останнім часом спостерігаються лавиноподібні явища, пов'язані із стрімким збільшенням кількості об'єктів міської забудови, зокрема багатопверхових житлових будівель, що мають незадовільний та аварійний технічний стан, при тому, що термін їх експлуатації, згідно до чинних будівельних норм [13], складає 100 років. Натомість, на даний момент, такі об'єкти експлуатуються лише 35-60 років. Впливам змін природного середовища під тиском факторів техногенної підсистеми піддаються об'єкти

інфраструктури, вулично-дорожньої мережі, стратегічного значення тощо.

Деякими вченими висувалася та доводилася гіпотеза, що вирішення часткових проблем будівельної галузі та сфери міського господарства можна шукати на містобудівному рівні – при прогнозуванні та плануванні розвитку міських забудованих територій, враховуючи комплекс природних умов та різноманітні антропогенні дії, а також їх змінення з часом та взаємний вплив (наприклад, [2]).

Першою задачею є окреслення множини факторів взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем, виражених у своїх обчислювальних параметрах, які є взаємно впливовими та, відповідно, взаємозалежними.

Наступною метою є обчислювальний аналіз взаємного впливу параметрів навколишнього середовища та зовнішніх дієвих факторів задля побудови математичної моделі взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем.

У якості вихідних даних дослідження розглядаються результати інженерних вишукувань, наведені у [43, 45]. Параметри визначалися для одних і тих же територій міської забудови з різницею у 25 років, що дозволяє дослідити зміни умов природного середовища та антропогенного тиску на нього у часовій області.

Враховуючи багатофакторність процесу, для створення математичної моделі пропонується застосувати кореляційний аналіз впливу параметрів взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем.

Обраний математичний метод застосовувався і апробований у дослідженнях в інших галузях науки, техніки та архітектури [47, 48], тому доцільно за аналогією використати його для вирішення проблемних питань містобудування. В роботі [47] є система ознак, притаманних різноманітним факторам, а також проводиться багатофакторний аналіз цієї системи, який ґрунтується на базових поняттях і методах, наведених у [49].

З усієї сукупності факторів, пов'язаних в систему, необхідно обрати одну результативну ознаку – функцію, а всі інші слід вважати факторними

ознаками – змінними аргументами функції, кожна з яких виражає той чи інший параметр і вимірюється в одиницях цього параметру.

У якості результативної ознаки Y можна обирати будь-який фактор, однак найбільш показовим (небезпечним) для об'єктів забудови на даній території є осідання (просідання) ґрунту s .

Факторні ознаки позначаються $X_1 \dots X_n$ (в даному випадку $X_1 \dots X_8$) і виражають наступний набір характеристик елементів природної та техногенної містобудівних підсистем, наведених розділі 2: час t ; параметр комплексу забудови P ; міцність ґрунту E ; питома вага ґрунту γ ; водонасиченість w , кут природного відкосу ϕ , зчеплення ґрунту c .

Забігаючи вперед до результатів розрахунку, потрібно оговорити той факт, що з набору параметрів після нульової ітерації розрахунку тимчасово був виключений один фактор, який вважається надважливим при дослідженні взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем, а саме – рівень ґрунтових вод, і подальший розрахунок проводився без його урахування.

На даному етапі дослідження з урахуванням рівня ґрунтових вод не вдалося досягти тісного зв'язку між результативною ознакою та сукупністю факторних ознак, що входять до регресивної моделі, без чого побудова власне регресивної моделі процесу взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем не є можливою.

В той же час намічено шляхи включення вказаного фактору до моделі, починаючи від переформатування шкали вимірювання параметру, що відповідає даній факторній ознаці, й закінчуючи її інтеграцією у деякий сукупний показник природної (або техногенної) підсистеми, але це буде предметом одного з наступних досліджень.

Інформація про змінні величини, що характеризують природні та антропогенні фактори впливу, наведена в табл. 3.1.

Для того, щоб побудувати багатofакторну регресивну модель результативної ознаки осідання (просідання) ґрунту s , насамперед необхідно

відібрати факторні ознаки у модель. З цією метою формується матриця парних коефіцієнтів кореляції, наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Інформація про змінні

Позначення признаку	Ознака	Одиниця вимірювання
Y	Осідання (просідання) ґрунту, s	м
X ₁	Час, t	рік
X ₂	Параметр комплексу забудови, P	т/м ²
X ₄	Міцність ґрунту, E	МПа
X ₅	Питома вага ґрунту, γ	т/м ³
X ₆	Водонасиченість, w	–
X ₇	Кут природного відкосу, φ	°
X ₈	Зчеплення ґрунту, c	МПа

Таблиця 3.2 – Парні коефіцієнти кореляції

	Y	X ₁	X ₂	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Y	1	0,9826	0,85076	-0,94659	0,98363	0,95853	0,97423	0,96774
X ₁	0,9826	1	0,91544	-0,98337	0,99935	0,99117	0,99482	0,98904
X ₂	0,85076	0,91544	1	-0,95074	0,91201	0,91918	0,9157	0,94139
X ₄	-0,94659	-0,98337	-0,95074	1	-0,98328	-0,97528	-0,97968	-0,98725
X ₅	0,98363	0,99935	0,91201	-0,98328	1	0,99045	0,99456	0,98717
X ₆	0,95853	0,99117	0,91918	-0,97528	0,99045	1	0,99271	0,97005
X ₇	0,97423	0,99482	0,9157	-0,97968	0,99456	0,99271	1	0,97742
X ₈	0,96774	0,98904	0,94139	-0,98725	0,98717	0,97005	0,97742	1

В першому рядку цієї матриці розташовані коефіцієнти R_{yx} , що характеризують тісноту взаємозв'язку результативної ознаки з кожною факторною ознакою.

Результати розрахунку багатомірної регресії незалежних змінних наведені в табл. 3.3.

При цьому залежна змінна (результативний признак) має:

- середнє значення – 0,222;
- середнє квадратичне відхилення – 0,15201.

Рівняння матриці парних коефіцієнтів кореляції має наступні значення власних показників:

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку багатомірної регресії

Змінна	Середнє значення	Середнє квадратичне відхилення	Кореляція	Коефіцієнт регресії	T
X ₁	22,5	15,138	0,9826	0,01144	14,963
X ₂	93,25	38,134	0,85076	-0,0001289	4,5786
X ₄	55,6	26,086	-0,94659	0,003	-8,3034
X ₅	1,693	0,20216	0,98363	0,8844	15,439
X ₆	0,569	0,1979	0,95853	-0,7763	9,513
X ₇	22,28	2,2429	0,97423	0,0211	12,217
X ₈	0,281	0,10482	0,96774	-0,1522	10,864

- вільний член – $-1,673$;

- коефіцієнт множинної кореляції $R_B = 0,99706$;

- $S_{\text{зал.}} = 0,02471$;

- кількість ступенів свободи $k_1 = p - 7$;

- кількість ступенів свободи $k_2 = n - p - 1 = 2$;

- $F_{\text{спос.}} = 48,369$.

Аналізуючи отримані результати, спочатку потрібно розглянути вибірковий множинний коефіцієнт кореляції $R_B = 0,99706$.

Перш ніж робити висновок про тісноту взаємозв'язку між результативною ознакою та сукупністю факторних ознак, необхідно перевірити значущість вибіркового множинного коефіцієнту кореляції при рівні значущості $0,01$. Для цього висуваються гіпотези:

$$H_0: R_{\text{ген}} = 0;$$

$$H_1: R_{\text{ген}} \neq 0.$$

Визначаються:

$$T_{\text{спос.}} = 18,401;$$

$$t_{\text{крит.дв.}}(0,01; 2) = 9,92.$$

Оскільки $T_{\text{спос.}} > t_{\text{крит.дв.}}(0,01; 2)$, нульова гіпотеза відкидається, отже справедливою є конкуруюча гіпотеза $H_1: R_{\text{ген}} \neq 0$. Таким чином, $R_b = 0,99706$ є значущим, і зв'язок між результативною ознакою та сукупністю факторних ознак, що входять до регресивної моделі, тісний.

Також для побудови множинної регресивної моделі необхідно визначити коефіцієнт детермінації:

$$D = (R_b)^2 \cdot 100 \% = (0,99706)^2 \cdot 100 \% = 99,4129 \%$$

Отже, варіація результативної ознаки (осідання або просідання ґрунту s) в середньому на 99,4129 % пояснюється за рахунок варіації факторних ознак, що входять у модель (час t, параметр комплексу забудови P, міцність ґрунту E, питома вага ґрунту γ , водонасиченість w, кут природного відкосу φ , зчеплення ґрунту c).

Множинна регресивна модель має вигляд:

$$Y = -1,673 + 0,01144 \cdot X_1 - 0,0001289 \cdot X_2 + 0,003 \cdot X_4 + \\ + 0,8844 \cdot X_5 - 0,07763 \cdot X_6 + 0,0211 \cdot X_7 - 0,1522 \cdot X_8.$$

Аналізуючи сформовану модель, необхідно перевірити її значущість при рівні значущості 0,01. Для цього висуваються гіпотези:

$$H_0: \text{ модель незначуща } (H_0: A_1 = A_2 = \dots = A_p = 0);$$

$$H_1: \text{ модель значуща } (H_1: \text{ хоча б одне } A_i \neq 0 \text{ та змінюється від } 1 \text{ до } p).$$

Нульова гіпотеза перевіряється за допомогою випадкової величини F, яка має розподіл Фішера-Снедекора. Визначається:

$$F_{\text{спос.}} = 48,369;$$

$$F_{\text{крит.}}(0,01; 7; 2) = 99,36.$$

Оскільки $F_{\text{спос.}} < F_{\text{крит.}}(0,01; 7; 2)$, правильною є нульова гіпотеза, тобто багатofакторна регресивна модель незначуща.

В такому випадку неможливо надалі продовжувати розрахунок: неможливо визначити ні зміст коефіцієнтів регресії – ступінь впливу на результативну ознаку, ані коефіцієнти еластичності моделі, що показують ступінь змінення значення результативної ознаки при зміненні будь-якої факторної ознаки на визначену величину.

Також неможливо скласти рівняння регресії в стандартизованому вигляді та визначити його коефіцієнти, за якими визначається значущість впливу тієї чи іншої факторної ознаки на результат. Відповідно, немає підстави для розрахунку похибки визначення залежної змінної (результуючого фактору), що має особливий науковий інтерес при побудові та перевірці моделі процесу, що розглядається.

Таким чином, виникає необхідність зменшення кількості факторних ознак задля підвищення значущості оптимізаційної моделі, наприклад, шляхом попереднього визначення двох-трьох інтегральних факторних ознак, що виражали би стан і властивості природної підсистеми в певний момент часу та відповідні параметри техногенної системи в той самий момент.

3.3 Оптимізаційна модель природно-техногенної підсистеми

Забезпечення сталих значень показників надійності та довговічності будівель і споруд протягом встановленого при проектуванні терміну експлуатації є одним із шляхів підвищення ефективності будівництва та в довготривалій перспективі – економії або відсутності необхідності виділення додаткових коштів на капітальні ремонти, реконструкцію, ліквідацію

наслідків аварій та руйнувань від прогнозованих чинників і відновлення експлуатаційної придатності об'єктів міської забудови в умовах нестабільної економіки України.

Враховуючи багатофакторність процесу, для створення оптимізаційної моделі пропонується застосувати кореляційний аналіз впливу параметрів взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем.

З усієї сукупності факторів, пов'язаних в систему, необхідно обрати одну результуючу ознаку – функцію, а всі інші слід вважати факторними ознаками – змінними аргументами функції, кожна з яких виражає той чи інший параметр і вимірюється в одиницях цього параметру.

У якості результуючої ознаки Y можна обирати будь-який фактор, однак найбільш показовим (небезпечним) для об'єктів забудови на даній території є осідання (просідання) ґрунту s .

Факторні ознаки позначаються $X_1 \dots X_n$ (в даному випадку $X_1 \dots X_2$) і виражають узагальнені характеристик елементів природної та техногенної містобудівних підсистем, розглянуті у попередньому пункті. Враховуючи тривалість процесу деформування та вплив різних факторів на результуючу ознаку, у якості узагальнених параметрів доцільно обрати час t і параметр комплексу забудови (тиск на ґрунт або поверхню території) P .

Інформація про змінні величини, що характеризують природні та антропогенні фактори впливу, наведена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Інформація про змінні

Позначення признаку	Ознака	Одиниця вимірювання
Y	Осідання (просідання) ґрунту, s	м
X_1	Час, t	рік
X_2	Параметр комплексу забудови (тиск на поверхню), P	т/м ²

Для того, щоб побудувати багатофакторну регресивну модель результуючої ознаки осідання (просідання) ґрунту s , насамперед необхідно

відібрати факторні ознаки у модель. З цією метою формується матриця парних коефіцієнтів кореляції, наведена в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Парні коефіцієнти кореляції

	Y	X ₁	X ₂
Y	1	0,99116	0,8759
X ₁	0,99116	1	0,91544
X ₂	0,8759	0,91544	1

В першому рядку цієї матриці розташовані коефіцієнти R_{yx} , що характеризують тісноту взаємозв'язку результуючої ознаки з кожною факторною ознакою.

Результати розрахунку багатомірної регресії незалежних змінних наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку багатомірної регресії

Змінна	Середнє значення	Середнє квадратичне відхилення	Кореляція	Коефіцієнт регресії	T
X ₁	22,5	15,138	0,99116	0,01099	21,13
X ₂	93,25	38,134	0,8759	-0,0007248	5,1346

При цьому залежна змінна (результуючий признак) має:

- середнє значення – 0,217;
- середнє квадратичне відхилення – 0,14236.

Рівняння матриці парних коефіцієнтів кореляції має наступні значення власних показників:

- вільний член – 0,03625;
- коефіцієнт множинної кореляції R_b – 0,99424;
- $S_{\text{зал}}$ – 0,017304;
- кількість ступенів свободи $k_1 = p - 2$;
- кількість ступенів свободи $k_2 = n - p - 1 = 7$;
- $F_{\text{спос.}}$ – 301,09.

Аналізуючи отримані результати, спочатку потрібно розглянути вибірковий множинний коефіцієнт кореляції $R_b = 0,99424$.

Перш ніж робити висновок про тісноту взаємозв'язку між результуючою ознакою та сукупністю факторних ознак, необхідно перевірити значущість вибіркового множинного коефіцієнту кореляції при рівні значущості 0,01. Для цього висувуються гіпотези:

$$H_0: R_{ген} = 0;$$

$$H_1: R_{ген} \neq 0.$$

Визначаються:

$$T_{спос.} = 24,539;$$

$$t_{крит.дв.}(0,01; 7) = 3,5.$$

Оскільки $T_{спос.} > t_{крит.дв.}(0,01; 2)$, нульова гіпотеза відкидається, отже справедливою є конкуруюча гіпотеза $H_1: R_{ген} \neq 0$. Таким чином, $R_b = 0,99424$ є значущим, і зв'язок між результуючою ознакою та сукупністю факторних ознак, що входять до регресивної моделі, тісний.

Також для побудови множинної регресивної моделі необхідно визначити коефіцієнт детермінації:

$$D = (R_b)^2 \cdot 100 \% = (0,99424)^2 \cdot 100 \% = 98,8513 \%.$$

Отже, варіація результуючої ознаки (осідання або просідання ґрунту s) в середньому на 98,8513 % пояснюється за рахунок варіації факторних ознак, що входять у модель (час t , параметр комплексу забудови – тиск на поверхню P).

Множинна регресивна модель має вигляд:

$$Y = 0,03725 + 0,01099 \cdot X_1 - 0,0007248 \cdot X_2.$$

Аналізуючи сформовану модель, необхідно перевірити її значущість при рівні значущості 0,01. Для цього висуваються гіпотези:

H_0 : модель незначуща ($H_0: A_1 = A_2 = \dots = A_p = 0$);

H_1 : модель значуща (H_1 : хоча б одне $A_i \neq 0$ та змінюється від 1 до p).

Нульова гіпотеза перевіряється за допомогою випадкової величини F , яка має розподіл Фішера-Снедекора. Визначається:

$$F_{\text{спос.}} = 301,09;$$

$$F_{\text{крит.}}(0,01; 2; 7) = 9,55.$$

Оскільки $F_{\text{спос.}} > F_{\text{крит.}}(0,01; 7; 2)$, нульова гіпотеза відкидається, дійсною є конкуруюча гіпотеза, тобто багатofакторна регресивна модель є значущою.

Зміст коефіцієнтів регресії полягає в тому, наскільки зміниться результуючий фактор (осідання ґрунту s) при збільшенні відповідного факторного признаку на одиницю:

- при збільшенні часу t – на 0,01099;
- при збільшенні тиску на поверхню P – на $-0,0007248$.

Від коефіцієнтів регресії можна перейти до коефіцієнтів еластичності, які показують, на скільки відсотків зміниться результуючий фактор (осідання ґрунту s) при збільшенні відповідного факторного признаку на 1 %:

- при збільшенні часу t – на 1,14;
- при збільшенні тиску на поверхню P – на $-0,311$.

Порівнюючи коефіцієнти еластичності за абсолютною величиною, можна стверджувати, що результуючий признак (осідання ґрунту s) більш чуттєвий до змінення факторного признаку часу t .

У стандартизованому масштабі рівняння регресії має вигляд:

$$Y = 6,62 \cdot X_1 - 1,62 \cdot X_2.$$

Порівнюючи коефіцієнти рівняння за абсолютною величиною, можна стверджувати, що найбільший вплив на результуючий признак (осідання ґрунту s) здійснює факторний признак час t .

Перераховуючи значення результуючого признаку (осідання ґрунту s) за допомогою отриманого рівняння, можна одержати залишки визначення залежної змінної, наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку багатомірної регресії

Задане значення	Визначене значення	Залишок	Відхилення, %
0,03	0,029	0,001	3,45
0,05	0,052	-0,005	-5,77
0,1	0,0983	0,0017	1,73
0,15	0,145	0,005	3,45
0,18	0,181	-0,001	-0,55
0,24	0,232	0,008	3,45
0,25	0,26	-0,01	-3,85
0,32	0,335	-0,015	-4,48
0,4	0,386	0,014	3,63
0,45	0,441	0,009	2,04

З табл. 3.7 видно, що абсолютне значення максимального відхилення результуючого фактору – осідання ґрунту, – що визначалося за рівнянням регресивної моделі, складає 5,77 % у порівнянні з фактично визначеним значенням за результатами інженерних вишукувань і натурних досліджень. Тому отриману багатомірну регресивну модель взаємодії природної та техногенної містобудівних під систем можна вважати адекватною.

Графічно результати моделювання зручно представляти у вигляді просторового графіку залежності результуючого фактору від узагальнених параметрів природної та техногенної містобудівних під систем, показаного на

рис. 3.5 (побудований за результатами даного дослідження).

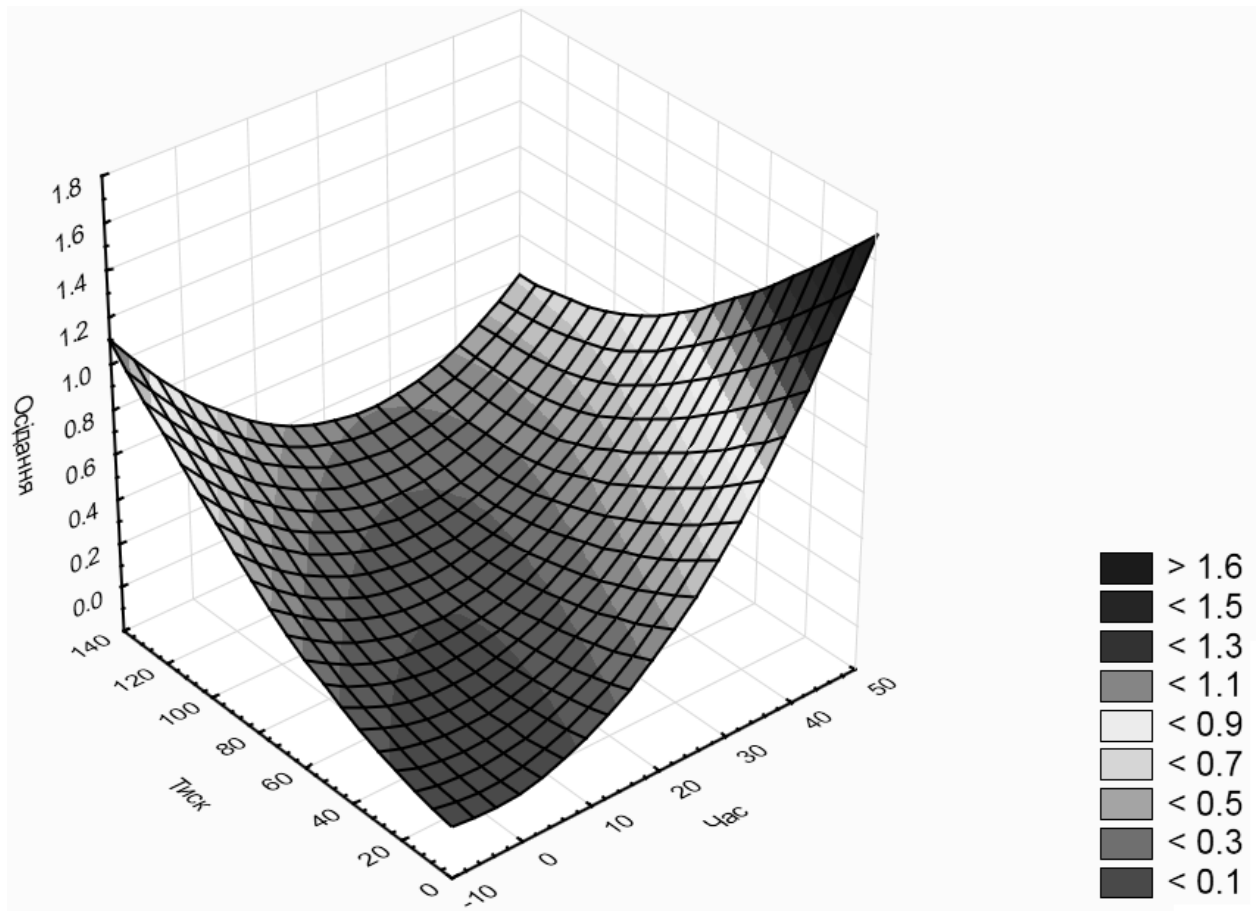


Рисунок 3.5 – Просторовий графік залежності узагальнених параметрів оптимізаційної моделі

При цьому функцією отриманої поверхні просторового графіку, наведеного на рис. 1, є поліном другого ступеня:

$$s = 0,0189 + 0,0039 \cdot t - 0,0003 \cdot P + 0,0006 \cdot t^2 - 0,0002 \cdot t \cdot P + 3,7348 \cdot 10^{-5} \cdot y^2.$$

Таким чином, отримано оптимізаційну модель, яка пов'язує узагальнений параметр природної містобудівної системи – осідання ґрунту, узагальнений параметр техногенної містобудівної підсистеми – тиск на поверхню забудованої території, і час взаємодії.

Абсолютне значення максимальної розбіжності результатів інженерних вишукувань і натурних досліджень та параметрів, розрахованих за отриманою моделлю, складає 5,77 %, що говорить про її адекватність.

Отримана модель дозволить прогнозувати можливі погіршення показників надійності та довговічності будівель, споруд, інших об'єктів міської забудови у довготривалій перспективі, а також раціонально планувати розвиток міст і вид забудови у питанні функціонального призначення територій в залежності від фактичних природних умов.

3.4 Висновки за розділом 3

Територія м. Запоріжжя відноситься до районів України зі складними інженерно-геологічними та гідрогеологічними умовами, будівельне освоєння яких і наступна експлуатація об'єктів вимагають суворого дотримання норм і правил, що регламентують антропогенну (інженерно-господарську) діяльність у таких специфічних умовах.

Кількість факторних ознак не є перевагою при побудові моделі, оскільки збільшує математичну розбіжність результатів.

Оптимізаційна модель дозволить прогнозувати можливі погіршення показників надійності та довговічності будівель, споруд, інших об'єктів міської забудови у довготривалій перспективі, а також раціонально планувати розвиток міст і вид забудови у питанні функціонального призначення територій в залежності від фактичних природних умов. Абсолютне значення максимальної розбіжності результатів інженерних вишукувань і натурних досліджень та параметрів, розрахованих за отриманою моделлю, складає 5,77 %, що говорить про її адекватність.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Надано визначення природно-техногенної містобудівної системи містобудівної системи, розглянуто її складові та особливості функціонування. Аналіз чинного законодавства, будівельних норм та іншої регулюючої документації у сфері архітектури та містобудування показав їх недосконалість, особливо щодо вимог до належної експлуатації комплексів об'єктів забудови. Традиційні методики проектування та будівництва будівель і споруд серед існуючої забудови також потребують значного вдосконалення.

Досліджено процес взаємодії природної та техногенної підсистем в процесі містобудівного освоєння територій. Параметри взаємодії природної та техногенної підсистем змінюються з часом від початку містобудівного освоєння територій й надалі – протягом всього періоду експлуатації та реконструкції територій. Створення математичної моделі, яка б включала ці параметри, їх взаємний вплив і змінення з часом, вирішить задачу прогнозування та розрахунку змін природно-техногенного середовища в результаті містобудівної діяльності в рамках проєктного аналізу на всіх його рівнях задля надійної та довговічної експлуатації об'єктів забудови, сталого і збалансованого розвитку територій.

Така модель дозволить прогнозувати можливі погіршення показників надійності та довговічності будівель, споруд, інших об'єктів міської забудови у довготривалій перспективі, а також раціонально планувати розвиток міст і вид забудови у питанні функціонального призначення територій в залежності від фактичних природних умов. Абсолютне значення максимальної розбіжності результатів інженерних вишукувань і натурних досліджень та параметрів, розрахованих за отриманою моделлю, складає 5,77 %, що говорить про її адекватність.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дёмин Н. М. Управление развитием градостроительных систем : монографія. Київ: Будівельник, 1991. 184 с.
2. Осітнянко А. П. Планування розвитку міста : монографія. Київ: КНУБА, 2005. 386 с.
3. Яргина З. Н. Основы теории градостроительства : підручник. Москва: Стройиздат, 1986. 325 с.
4. Левенець Ю., Шаповал Ю. та ін. Політична енциклопедія. Київ: Парламентське видавництво, 2011. 808 с.
5. Белоконь Ю. Н. Региональное планирование (теория и практика). Київ: Логос, 2003. 259 с.
6. Фань Ц., Кадавид П., Тимофеев А. та ін. Огляд процесів урбанізації в Україні. Вашингтон (США): Світовий банк, 2015. 196 с.
7. Герасимчук З. В., Поліщук В. Г. Стимулювання сталого розвитку регіону: теорія, методологія, практика. Луцьк: ЛНТУ, 2011. 516 с.
8. Register R. Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future. Berkeley (USA): North Atlantic Books, 1987. 140 p.
9. Sustainable Development Goals: Ukraine. 2017 National Baseline Report. Kyiv: Ministry Of Economic Development and Trade of Ukraine, 2017. 166 p.
10. Арманд А. Д. Саморегуляция и саморегулирование географических систем. Москва: Наука, 1988. 261 с.
11. Eremin K., Raizer V., Telichenko V., etc. Safety Assessment of Existing Buildings and Structures. Stockholm (Sweden): ASV Construction, 2016. 268 p.
12. Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд : Постанова Кабінету Міністрів України від 12 грудня 2006 р. № 1764. Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. URL:

<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1764-2006-п> (дата звернення: 17.11.2020).

13. ДБН В.1.2-14-2019. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівельних конструкцій, будівель і споруд. [Чинний від 2019-12-01]. Офіц. вид. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. 41 с.

14. Банах А. В., Ткаченко В. Б. Аналіз загальних принципів забезпечення надійності та конструктивної безпеки об'єктів міської забудови. Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник. Київ: КНУБА, 2016. Вип. 62, ч. 1. С. 49-55.

15. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17 лютого 2011 року № 3038-VI. Відомості Верховної Ради України. Офіц. вид. Київ: Парламентське видавництво, 2011. № 34. с. 343.

16. Про забезпечення надійності й безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж : Постанова Кабінету Міністрів України від 05 квітня 1997 року № 409. Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/409-97-п> (дата звернення 16.11.2020)

17. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження та дії: норми проектування. [Чинний від 2006-01-01]. Офіц. вид. Київ: Мінбуд України, 2006. 78 с.

18. Банах А. В. Вплив тимчасових ґрунтових умов і оточуючої обстановки на напружено-деформований стан будівель з тривалим терміном експлуатації. Будівельні конструкції : міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. Київ: ДП НДІБК, 2016. Вип. 83, кн. 1. С. 258-263.

19. За результатами особистого прийому Володимир Буряк доручив відремонтувати аварійний житловий будинок у Хортицькому районі / Запорізька міська рада. Офіційний сайт. URL: <http://zp.gov.ua/uk/articles/item/322/za-rezultatami-osobistogo-prijomu-volodimir-buryak-doruchiv-vidremontu-vati-avarijnij-zhitloviy-budinok-u-hortickomu-rajoni> (дата звернення: 17.11.2020)

20. Федченко А. И., Банах В. А., Банах А. В. Обеспечение надежной эксплуатации жилых зданий массовой застройки в условиях ограниченной информации. Строительство. Материаловедение. Машиностроение : збірник наукових праць. Дніпропетровськ: ПДАБА, 2015. Вип. 82. С. 6-13.

21. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації. [Чинний від 2014-10-01]. Офіц. вид. Київ: Мінрегіон України, 2014. 33 с.
22. Федченко А. И., Банах В. А., Самойленко Л. Е. Анализ зависимости проверочных расчетов крупнопанельного здания при реконструкции от особенностей его эксплуатации. Мир науки и инноваций : збірник наукових праць. Іваново: Научный мир, 2015. Вип. 2, том 3. С. 74-83. ЦИТ: m215-160.
23. Теличенко В. И., Еремин К. И., Кулябко В. В. Безопасность эксплуатируемых зданий и сооружений. Москва: РААСН, 2011. 428 с.
24. ДБН В.1.1-12: 2006. Будівництво в сейсмічних районах України. [Чинний від 2007-01-02]. Офіц. вид. Київ: Мінбуд України, 2006. 84 с.
25. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. [Чинний від 2000-07-01]. Офіц. вид. Київ: Держбуд України, 2000. 150 с.
26. Банах А. В., Банах В. А. Моделювання динамічних впливів на систему «будівля – ґрунтова основа» в складних інженерно-геологічних умовах : монографія. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 186 с.
27. Летуновський С. Ю., Банах А. В. Вплив технічних характеристик території на вартість земельних ділянок під міську багатоповерхову забудову. Матеріали XXV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІННІ ЗНУ (Запоріжжя, 24-27.11.2020 р.). Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 410 с. С. 274-276.
28. Летуновський С. Ю., Банах А. В. Моделювання змінення рівня ґрунтових вод на міських територіях. Еко Форум 2020 : збірка тез доповідей ІV спеціалізованого міжнародного запорізького екологічного форуму, 15-17 жовтня 2020 р. Запоріжжя: Запорізька міська рада; Запорізька торгово-промислова палата, 2020. 500 с. С. 242-244.
29. Банах В. А. Статико-динамические расчетные модели зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях : монографія. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 334 с.

30. Савин С. Н. Диагностика строительных конструкций зданий и сооружений методом свободных колебаний. Будівельні конструкції. Будівництво в сейсмічних районах України : міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. Київ: НДІБК, 2006. Вип. 64. С. 395-400.

31. Городецкий А. С. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций ЛИРА, версия 9.0 : руководство пользователя. Киев: НИИАСС, 2002. Кн. 1. Основные теоретические и расчетные положения. Некоторые рекомендации. 148 с.

32. Банах А. В. Причинно-наслідковий зв'язок факторів взаємодії природної та антропогенної систем в процесі містобудівного освоєння територій. Проблеми розвитку міського середовища : науково-технічний збірник. Київ: НАУ, 2018. Вип. 1 (20). 251 с. С. 13-23.

33. Прусов Д. Е. Теорія та методологія прогнозування наслідків інженерної підготовки перетворення міських територій зі щільною забудовою та складними геологічними умовами: дис. ... докт. техн. наук : 05.23.20. Київ, 2015. 429 с.

34. Prusov D. Aspects of the Influence Assessment of the New Construction during the Reconstruction of Urban Territory Areas in the Dense Building Conditions. Proceedings of the National Aviation University. 2013. № 3 (56). Pp. 91-97.

35. Prusov D. The Methodology for the Consequences Prediction of Engineering Preparation for Transformation the Urban Territory in Dense Building and Complex Geology Conditions. Proceedings of the National Aviation University. 2015. № 2 (63). Pp. 40-45.

36. Prusov D. The Concept of the Urban Areas Reconstruction Planning on the Basis of the Scientific and Engineering Substantiation. Proceedings of the National Aviation University. 2014. № 3 (60). Pp. 54-58.

37. Ромашкіна М. А. Вплив запроектних навантажень на напружено-деформований стан конструкцій будівель та споруд : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01. Київ, 2016. 21 с.

38. Григоровський П. Є., Чуканова Н. П., Мурасьова О. В. Аналіз факторів, що впливають на термін життя будівлі в процесі експлуатації. Web of Scholar. 2018. № 2 (20), Vol. 1. С. 75-82.

39. Банах А. В. Фактори взаємодії природної та антропогенної містобудівних систем. Сучасні проблеми архітектури та містобудування : науково-технічний збірник. Київ: КНУБА, 2017. Вип. 49. С. 251-257.

40. Банах А. В. Концептуальні основи теорії взаємодії природної та антропогенної систем в контексті регіональної політики і сталого розвитку міських територій. Містобудування та територіальне планування : науково-технічний збірник. Київ: КНУБА, 2018. Вип. 66. С. 25-31.

41. Єгоров Ю. П., Савін В. О., Галич В. Г. Вплив антропогенних факторів на деформації будівель, що експлуатуються впродовж тривалого часу. Містобудування та територіальне планування : науково-технічний збірник. Київ: КНУБА, 2017. Вип. 65. С. 71-85.

42. Ткаченко В. Б., Вазі-Мукахаль В. Б., Гальченко О. В. Обґрунтування необхідності застосування додаткових заходів забезпечення надійності об'єктів міської забудови, що експлуатуються, в комплексі інженерної підготовки нового будівництва. Наукові вісті Далівського університету. Сєверодонецьк: Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2018. № 14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvdu_2018_14_5 (дата звернення 30.11.2020).

43. Ищенко В. И., Копейкин В. И. Особенности инженерно-геологических условий территории г. Запорожье : технический отчет по теме № 9052. Запорожье: ЗФ УкрНИИИНТИЗ, 1997. 11 с.

44. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 2019-09-01]. Офіц. вид. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. 230 с.

45. Руденко А., Копейкин В., Варвинец Н. Характеристика инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории г. Запорожье : технический отчет. Запорожье: ЗКО УкрВостокГИИИНТИЗ, 1973. 21 с.

46. Банах А. В. Параметри взаємодії природної та антропогенної містобудівних систем. Сучасні проблеми архітектури та містобудування : науково-технічний збірник. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2018. Вип. 52. 454 с. С. 160-164.

47. Полтавець М. О. Оптимізаційна система показників оцінки технологічних властивостей проектних рішень просторових систем покриттів. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : збірник наукових праць. Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2014. Вип. 29. С. 483-490.

48. Baird G. The Architectural Expression of Environmental Control Systems. Spon Press, 2001. 246 p.

49. Гусаков А. А. Системотехника строительства : энциклопедический словарь. Москва: Ассоциация строительных ВУЗов, 2004. 320 с.

50. Банах А. В., Полтавець М. О. Аналіз взаємного впливу параметрів природної та антропогенної містобудівних систем. Містобудування та територіальне планування : науково-технічний збірник. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2019. Вип. 69. 444 с. С .8-14.

ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи

здобувача рівня вищої освіти другого (магістерського) Летуновського Станіслава Юрійовича
(П.І.Б.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Оптимізація природно-техногенної містобудівної підсистеми в умовах зростання та територіального розвитку міст»

виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 32 листа графічного
(не) згідно (не) відповідає

матеріалу і пояснювальну записку з 109 сторінок, підписана і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією):

Актуальність обраної теми обумовлена відсутністю комплексної методики прогнозування та розрахунку змін природно-техногенного середовища в результаті містобудівної діяльності в рамках проєктного аналізу на всіх його рівнях задля надійної та довговічної експлуатації об'єктів забудови, сталого і збалансованого розвитку територій.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багатоваріантності): У кваліфікаційній роботі розглянуто основи теорії взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем. Проаналізовано та узагальнено зовнішні чинники, що діють при територіальному розвитку та зростанні міст. Досліджено сучасні засоби та методики розрахунку об'єктів забудови з урахуванням впливу комплексу негативних чинників. Створено оптимізаційну модель взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем в умовах зростання та територіального розвитку міст. Пророблено декілька варіантів комбінації чинників взаємодії природної та техногенної містобудівних підсистем. Необхідні обґрунтування наведено у повному обсязі.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр»: рівень підготовки високий, ерудиція проявлена.

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач: творчо, на високому професійному рівні, повністю самостійно.

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень: суттєвий, поставлені задачі виконані у повному обсязі відповідно до завдання.

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі: кваліфікаційна робота магістра виконана за допомогою сучасних комп'ютерних технологій, чинних нормативних документів, із застосуванням математичного моделювання, спеціалізованого програмного забезпечення, аналізу новітніх прикладних засобів і методик.

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів: оформлено згідно чинних норм, стандартів та правил.

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи: дотримано.

9. Наукова цінність роботи, практична значимість: Наукова цінність одержаних результатів полягає у вперше створеній оптимізаційній моделі природно-техногенної містобудівної підсистеми в умовах зростання та територіального розвитку міст, а також у вдосконаленні системи чинників природно-техногенної містобудівної підсистеми, обґрунтуванні їх взаємного впливу.

Практичне значення роботи полягає в доведенні необхідності урахування впливу сукупності зовнішніх факторів при визначенні (перевірці) стану міських об'єктів, створенні оптимізаційної моделі, яка дозволяє прогнозувати можливі погіршення показників надійності та довговічності об'єктів міської забудови у тривалій перспективі, а також раціонально планувати розвиток міст і вид забудови у питанні функціонального призначення територій в залежності від фактичних природних умов.

10. У кваліфікаційній роботі магістра можна відмітити такі недоліки: Недоліків не виявлено. У якості побажання можна висловити наступне: бажано б більш стисло викласти пп. 2.1...2.2. Наведене зауваження не впливає на якість виконаної роботи.

Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана на значному рівні та при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

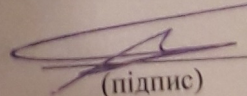
кількість балів 100

національною відмінно

ЄКТС A

Керівник

доцент, к.т.н.
(посада, науковий ступінь)


(підпис)

Банах А.В.
(П.І.Б.)

РЕЦЕНЗІЯ

здобувача рівня вищої освіти другого (магістерського) Летуновського Станіслава Юрійовича
(П.І.Б.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Оптимізація природно-техногенної містобудівної підсистеми в умовах зростання та територіального розвитку міст».

Кваліфікаційна робота магістра виконана згідно до завдання, відповідає темі,
(не) згідно не (відповідає)
містить мультимедійну презентацію та пояснювальну записку зі 109 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень): проблема поставлена вірно та майже в повному обсязі, сформульована чітко і зрозуміло, значимість полягає у розробці моделі, що дозволить прогнозувати стан міської забудови, задачі дослідження поставлені грамотно

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки): результати попередніх досліджень за темою роботи вивчені достатньо широко, методика дослідження обрана максимально логічно, наукова новизна наявна та очевидна

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу): кваліфікаційна робота виконана із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій на всіх стадіях, розділи роботи взаємопов'язані один з одним, логічно, чітко та технічно грамотно оформлені, матеріал викладений лаконічно та зрозуміло у науковому стилі.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко-економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи): одержані результати реальні та готові до практичного впровадження в проектну діяльність, техніко-економічні показники запропонованих рішень не наведені, за темою роботи видано дві наукові публікації у вигляді тез доповідей на міжнародній та місцевій науково-технічних конференціях.

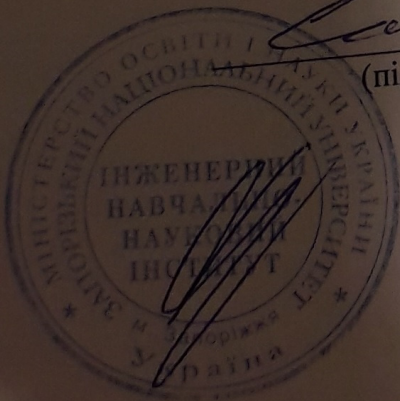
5. Недоліки кваліфікаційної роботи магістра: 1) відсутній економічний розділ, хоча така задача й не ставилась. Проте наведене зауваження не впливає на якість виконаної роботи.

6. Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана на високому рівні та заслуговує оцінки:

кількість балів 100 (сто)
за національною шкалою відмінно
за шкалою ЄКТС A

Рецензент: доцент кафедри міського будівництва і господарства
Запорізького національного університету
(посада, місце роботи)

Сазонова О. Ю.
(П.І.Б.)



(підпис)