

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

**Кваліфікаційна робота/проект**

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: Аналіз технологічних можливостей та сфер застосування 3D  
моделювання при обстеженні житлових багатоквартирних будинків

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1920-пцб-з  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

(код і назва освітньої програми)

Осипенко О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

доц., к.т.н. Данкевич Н.О.

посада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціали

Рецензент

доц., к.т.н. Полтавець М.О.

посада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціали

Запоріжжя  
2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень  
(другий (магістерський) рівень)  
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"  
(шифр і назва)  
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ПЦБ

проф. Арутюнян І.А.

"

2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Осипенко Олеся Олександрівна

(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Аналіз технологічних можливостей та сфер застосування  
3D моделювання при обстеженні житлових багатоквартирних будинків

керівник роботи Данкевич Н.О., доц., к.т.н.

(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від "30" 06 2021 року № 975 - с

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи методи обстеження житлових будинків,

дані лазерного сканування, науково-технічна, навчальна,

нормативна та періодична література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

вступ, аналіз теоретичних основ методів досліджень житлових будівель,

оцінка стану будівель та конструкцій, види дефектів, методи обстежень будівель,

застосування методу лазерного сканування для отримання 3D моделі будинку

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

вступ, основні питання дослідження, види дефектів, прилади,

план типового поверху, точкова 3D модель, виконавчі схеми, векторна 3D модель

## 6. Консультації розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		
Розділ 2	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		
Розділ 3	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		
Розділ 4	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання

30 червня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Аналіз теоретичних основ методів досліджень житлових будівель	30.09.2021	
2.	Оцінка стану будівель та конструкцій, види дефектів	21.10.2021	
3.	Методи обстежень будівель	11.11.2021	
4.	Застосування методу лазерного сканування для отримання 3D моделі будинку		
5.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2021	

Студент

  
(підпис)Осипенко О.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту

Данкевич Н.О.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Данкевич Н.О.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Осипенко О.О. Аналіз технологічних можливостей та сфер застосування 3D моделювання при обстеженні житлових багатоквартирних будинків.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Н.О. Данкевич. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебня, кафедра промислово та цивільного будівництва, 2021.

В роботі проаналізовано і досліджено технологічні можливості та сфери застосування 3D моделювання при обстеженні житлових багатоквартирних будинків. Розглянуті методи обстеження житлових будівель та прилади, що використовуються при проведенні обстеження. Запропоновано використання методу лазерного сканування як один із сучасних методів, що використовується для 3D моделювання. Приведено спосіб використання технології із застосуванням на практиці. Зазначено основні переваги та недоліки обраної методики. Використання 3D моделювання позитивно впливає на якість будівельних об'єктів у зв'язку з підвищеною інформативністю та точністю отриманих даних.

Ключові слова: 3D моделювання, обстеження, лазерне сканування, житлові будинки.

Список публікацій магістранта:

1. Осипенко О.О. Аналіз технологічних можливостей та сфер застосування 3D моделювання при обстеженні житлових багатоквартирних будинків. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України* : зб. тез I всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 19-21 жовт. 2021р. Запоріжжя, 2021. С.404-405

## ABSTRAKT

Osipenko O.O. Analysis of technological capabilities and spheres of 3D modeling in case of regular living in large apartment buildings.

Qualifying final work for obtaining a higher education master's degree in specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor N.O. Dankevych. Zaporizhzhya National University, Y.M Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Industrial and Civil Engineering, 2021.

In the robot, the technological capabilities of the sphere of 3D modeling have been analyzed and advised, when the living quarters are equipped with large apartment buildings. Methods of cleaning up living conditions are taken out and applied, how to become vicious when carrying out cleaning. Proponents of the vikorystannya method of laser scanning is one of the most recent methods, which is vikorystovuyutsya for 3D modeling. The method of testing technology from practical training is given. The main changes and shortcomings of the other methodology are assigned. Vikoristannya 3D modeling positively infuses the quality of alarm objects at the link with the increased information and accuracy of the given data.

List of postgraduate publications: 3D modeling, fixing, laser scanning, residential house.

1. Осипенко О.О. Аналіз технологічних можливостей та сфер застосування 3D моделювання при обстеженні житлових багатоквартирних будинків. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»* : зб. тез I всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 19-21 жовт. 2021р. Запоріжжя, 2021. С.404-405

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	11
1.1 Роль, сутність та значення обстеження житлових будівель.....	11
1.2 Нормативно-технічна база в сфері обстеження технічного стану.....	16
1.2.1 Загальні положення та основні вимоги щодо проведення обстеження технічного стану.....	16
1.2.2 Охорона праці при проведенні обстежувальних робіт .....	25
1.2.3 Етапи технічного обстеження.....	26
1.3 Види дослідження будівель .....	30
2 ОЦІНКА СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА КОНСТРУКЦІЙ. ВИДИ ДЕФЕКТІВ	40
2.1 Оцінка деформативності і стійкості конструктивних елементів будівлі .....	41
2.2 Дефекти і пошкодження.....	43
3 МЕТОДИ ОБСТЕЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ .....	56
3.1 Інструментальна діагностика технічного стану конструкцій будівель	56
3.2 Використання технології Фотограмметрії при проведенні обстеження будівель .....	60
3.3 Метод лазерного сканування як один із сучасних методів обстеження житлових багатоквартирних будинків.....	64
4 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ 3D МОДЕЛІ БУДИНКУ.....	70

4.1 Теоретичні основи застосування приладу лазерного сканування .....	70
4.2 Використання технології лазерного сканування при обстеженні будинку на відповідність проектному положенню.....	80
4.3 Створення векторної 3D моделі фасаду чотирнадцятиповерхового житлового будинку на основі трьохмірної точкової моделі, отриманної по результатам лазерного сканування.....	92
ВИСНОВКИ.....	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	105

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Проблеми реконструкції житлових будинків і перших масових серій зокрема поглиблюються з кожним роком.

Конструкції будинків приходять в непридатність, стіни, перекриття не відповідають сучасним нормам з енергозбереження.

Інженерне обладнання будівель в результаті тривалої експлуатації без капітальних ремонтів, як правило, знаходиться в аварійному стані.

Об'ємно-планувальні рішення квартир не відповідають сучасним нормам проектування, зовнішній вигляд будинків на тлі новобудов виглядає гнітюче.

Практика виконання капітальних ремонтів та модернізації житлового фонду побудованого за типовими проектами перших масових серій, показує прогресуюче зростання витрат на забезпечення безпеки експлуатації та максимальне зменшення можливості виникнення аварійних ситуацій обумовлене в основному хронічним «недоремонтом» житлових будівель за останні 25-30 років.

Світова будівельна практика показує, що в останні роки в структурі інвестицій відбуваються значні зміни: все більший їх обсяг направляється на реконструкцію і модернізацію житлового фонду.

В окремих країнах СНД, Німеччини, Угорщини, Чехії та інших країн Європи практично виконані значні роботи по реконструкції житлових будинків з модернізацією інфраструктури, дахів, фасадів та благоустрою.

З моменту створення першого приладу для 3D сканування пройшло вже півстоліття. З того часу технології постійно удосконалювались та наразі використовуються у багатьох сферах, таких як кіноіндустрія, створення комп'ютерних ігор, дизайн, на виробництві, в медицині, інженерії та ін.



Із розвитком технології лазерного сканування у нас з'явилась можливість отримати детальну 3D модель об'єктів будівництва та прилягаючої території.

Обстеження будівель є стадією, попередньої реконструкції та реставрації.

Актуальність даної теми полягає у необхідності отримання повної та детальної моделі будівель під час обстеження для контролю за будівництвом та відповідності проектній документації, для оцінки технічного стану об'єкту, при плануванні реконструкції, зміни цільового призначення, виявлення дефектів, пошкоджених конструкцій та відхилення від будівельних норм.

**Мета:** аналіз технологічних можливостей 3D моделювання житлових будинків з використанням сучасних підходів лазерного сканування.

**Об'єкт:** технологія лазерного сканування житлових будинків при проведенні обстеження, а також нові нормативні вимоги до проектування.

**Предмет:** методи обстеження житлових будівель при виконанні будівельних робіт для перевірки на відповідність проектному положенню, а також перед проведенням реконструкції.

**Завдання дослідження.** Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- проаналізувати теоретичні основи методів досліджень житлових будівель;
- виявити переваги та недоліки відомих методів обстеження будівель та провести порівняльний аналіз з сучасним методом лазерного сканування;
- провести аналіз та виявити доцільність використання методу лазерного сканування при обстеженні житлових будівель для забезпечення відповідності будівельної продукції сучасним вимогам якості, зниження трудомісткості і тривалості робіт.

**Методологія дослідження:** аналіз і узагальнення теоретичних даних вітчизняного та зарубіжного досвіду, законодавчих актів і нормативних документів, методологічних підходів до обстеження житлових будівель з

використанням сучасної технології лазерного сканування теоретичним методом дослідження.

**Наукова новизна.** Досліджується ефективність використання лазерного сканування як метод обстеження житлових будівель, його переваги над іншими видами обстеження, а саме:

- проведено дослідження теоретичних основ методів обстежень житлових будівель;

- проаналізовано існуючі методи обстежень житлових будівель, виявлено їх переваги та недоліки;

- встановлено вплив точності та детальності обстеження будівель на якість виконавчих схем, виконання майбутніх проектних робіт при реконструкції, реставрації, новому будівництві;

- встановлено залежність трудомісткості, вартості та тривалості робіт при обстеженні житлових будівель від обраного сучасного методу лазерного сканування в порівнянні з іншими методами обстеження будівель.

**Практична значимість.** З використанням методу лазерного сканування стає можливим підвищення швидкості виконання робіт польових робіт, зниження або повне виключення повторної зйомки об'єкту, отримання більш точних та повних результатів зйомки, і як наслідок- усунення неоднозначностей при проведенні камеральних робіт, швидке отримання результатів, високий рівень деталізації і підвищення якості результату, підвищення безпеки при виконанні робіт, отримані результати можуть бути використані фахівцями різних галузей, що підвищує ефективність методики в цілому, а також отримання детальної 3D моделі об'єкту. Це все у свою чергу призводить до збільшення строків служби будівель. Покращення їх експлуатаційних якостей залежить від своєчасності виявлення існуючих дефектів та можливих пошкоджень конструкцій.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні положення роботи докладалися в 2021 році на I Всеукраїнської науково-практичній конференції Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», (Запоріжжя, 2021р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

**Структура і об'єм магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 105 сторінок тексту, у тому числі 20 рисунків, 11 таблиць. Список використаних джерел містить 25 найменування.

# **1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ**

## **1.1 Роль, сутність та значення обстеження житлових будівель**

Обстеження будівель є важливою частиною комплексу робіт з оцінки їх технічного стану, в результаті якого встановлюються дійсна несуча здатність і експлуатаційна придатність будівельних конструкцій і основ, а також розглядаються варіанти змін конструктивно-планувальних рішень і способи можливого посилення несучих конструкцій [22].

Підвищення загальної надійності і довговічності будівель нерозривно пов'язано з періодичною перевіркою стану будівельних конструкцій. Для цього проводяться обстеження різного роду конструкцій, з метою встановлення міцності, їх надійності, якості використаних будівельних матеріалів, перевірка теплотехнічних властивостей огорожувальних конструкцій і звукоізоляційних властивостей стін, перегородок, перекриттів, водонепроникності покриттів.

В окремих випадках потрібна перевірка заповнення швів на стиках, стану фундаментів і основ, виявлення корозійних впливів на поведінку будівельних матеріалів в конструкціях.

Надійність та довговічність будівель багато в чому залежать від умов їх експлуатації, впливу навколишнього середовища, технічного змісту конструкцій і своєчасного виконання профілактичних і планово попереджувальних ремонтів.

Приклади з практики показують, що при сприятливих умовах експлуатації і відповідному догляді за конструкціями житлові будівлі можуть служити тривалий час, не потребуючи виконання ремонтно-відновлювальних робіт, якщо

не враховувати їх моральний знос. Разом з тим зустрічаються об'єкти, які, незабаром після введення їх в експлуатацію, по тим чи іншим причинам потребують підсилення конструкцій, реконструкції або капітального ремонту.

Основою зниження собівартості будівництва є поліпшення якості, підвищення надійності і довговічності житлових будівель.

Підставами для обстеження служать: планові перевірки технічного стану конструкцій будівель; реконструкція і технічне переозброєння; реставрація пам'яток архітектури; капітальний ремонт.

Обстеження проводяться при наявності деформацій, обвалень, аварій і наслідків, викликаних стихійними лихами (пожежі, вибухи, землетруси ін.)

Обстеження проводяться за запитами різних організацій (будівельних, проектних, замовника), а також за вимогами житлово-комунальних контор, які експлуатують зведені будівлі.

Науково-технічним обстеженням конструкцій, будівель надається виключно важливе значення. Вони є первинним матеріалом для вжиття невідкладних заходів щодо безпеки подальшої експлуатації об'єкта, виконання охоронних заходів і посилення будівельних конструкцій.

У зв'язку з надзвичайно великим розмаїттям випадків в практиці обстежень і необхідністю виявлення дійсних причин порушення нормальної роботи конструкцій, фахівці, які проводять обстеження, повинні бути всебічно технічно підготовленими, мати великий досвід і знання в цій галузі. Для обстеження залучаються спеціалізовані лабораторії і підрозділи, оснащені необхідним обладнанням і приладами для неруйнівного контролю [25].

Обстеження об'єктів рекомендується проводити за певною схемою з встановленням характеру вад і причин, що їх викликали.

До складу натурних технічних обстежень входять наступні види робіт:

- фіксація стану конструкції в їх зміненому стані;

- вплив технологічних та інших факторів на міцність конструкції;
- вплив навколишнього середовища, хімічних реагентів;
- зіставлення порушених конструкцій зі станом в інших частинах будівлі;
- фізикохімічні випробування зразків матеріалів, що відбираються безпосередньо з споруди, а також перевірка міцності бетону, розчину, цегли в спорудженні неруйнівними методами;
- встановлення ступеня втрати міцності матеріалів;
- перевірка щільності, структури, вологості і глибини промерзання ґрунту, фільтрації та інфільтрації води через стінки, затоплення підвальних приміщень, просадки основ і фундаментів, зрушення стін, підмив основ і вимивання ґрунту, перезволоження відкритих котлованів і траншей, зсувні явища, зміщення і просідання паль, деформації конструкцій в будівлях; встановлення ступеня вологості, продувності, охолодження приміщень, зовнішньої та міжквартирної звукопровідності, біологічного руйнування та корозії матеріалів;
- стан облицювання, штукатурки і забарвлення будівлі.

На підставі результатів проведених натурних обстежень (виконаних вимірювань, геодезичних виконавчих схем, повірочних розрахунків, випробувань матеріалів) встановлюється загальний стан конструкції, визначається їх міцність, а головне можливість їх подальшої безпечної експлуатації в даних умовах.

Слід мати на увазі, що кожне відхилення і прорахунок, допущені при інженерно-технічних дослідженнях, проектуванні, будівництві та недбалої експлуатації можуть таїти в собі приховані і небезпечні дефекти.

Своєчасно виявлені при будівництві або експлуатації, порушені або ослаблені конструкції, можуть бути визнані знову придатними для подальшої і тривалої служби після виконання відповідного ремонту, посилення або поновлення.

За результатами проведеного обстеження, вивчення і зіставлення натурних вимірів фактичного стану конструкції і сполучень з проектними матеріалами складаються технічні висновки. У них відбивається стан оглянутий конструкцій, ступінь їх надійності та можливість подальшої експлуатації будівлі або споруди, режими і умови роботи, відступу від діючих нормативних документів і робочих креслень, недоліки будівельно-монтажних робіт, допущені порушення при експлуатації. вплив даного конкретного пошкодження або обвалення на суміжні конструкції, розташовані в безпосередній близькості до вогнища аварії, ступінь ураження бетону і металу від дії вогню при пожежах, хімічних реагентів, глибини корозії металу, ураження деревини грибковими захворюваннями і ентомологічними шкідниками; порушення міцності цегляних стовпів, стін, простінків, склепінь, арок, підставі, фундаментів, надійність оппрані збірних елементів.

Звертається увага на той факт, що в сучасному збірному будівництві з усіх видів деформацій найбільш уразливими бувають ті вузли і сполучення, де не забезпечується необхідна за проектом опирання конструкцій і щільність закладання стиків. Наслідки таких порушень відображаються на стійкості конструкцій та можуть привести до аварій.

У висновках обстежень повинні бути також відображені лабораторні випробування відібраних з споруди зразків і проб і зроблені відповідні зіставлення з нормативними вимогами.

У разі якщо порушені конструкції виявлені в одному з типів будівель, то зацікавлені організації повинні організувати позапланову перевірку і обстеження таких же конструкцій в інших аналогічних будівлях з складанням відповідних актів і висновків про їх стан.

Відновлення пошкоджених конструкцій може потребувати виконання вельми складних проектних рішень і робіт, вартість яких може перевищити

початкові витрати на виготовлення і монтаж конструкцій. У зв'язку з цим досить актуальним є визначення економічної доцільності виконання ремонтно-відновлювальних робіт в кожному конкретному випадку.

Очевидно, що п'ятиповерхові житлові будинки в центральній частині великих міст економічно доцільно не реконструювати, а замінювати висотними будівлями з метою ущільнення житлової забудови. Вибір правильних методів усунення дефектів, особливо в тих випадках, коли немає необхідності розбирати конструкції, має істотне значення для зменшення витрат і продовження терміну служби цих будівлі.

Конструктивні рішення і розробку робочих креслень виконують відповідні проектні організації.

В основі кожного обстеження повинні бути передбачені практичні цілі і завдання по відновленню і продовженню використання будівлі по його призначенню. Ослаблену, неякісну і навіть значно порушену конструкцію після відновлення та усунення дефектів у ряді випадків можна включити в роботу під тим же або більш високим проектним навантаженням [24].

Результати проведених обстежень доцільно зіставляти і порівнювати з обстеженнями аналогічних конструкцій в спорудах, де не виявлено ті чи інші відхилення, що допомагає краще і більш точно розпізнавати приховані причини деформацій. Слід також враховувати досвід раніше виконаних робіт по усуненню дефектів в аналогічних конструкціях та спорудах.

Поряд з візуальними обстеженнями і відбором зразків виконуються різні виміри, складаються замальовки, схеми. При цьому встановлюються відхилення від початкового положення, передбаченого проектом, виявляється тенденція до розвитку або стабілізації деформації. За встановленими реперами, маяками і марками ведуться спостереження за подальшим розвитком тріщин, здвигами та іншими змінами в положенні конструктивних елементів.



Велику роль при обстеженнях грає і фотографування місць порушення цілісності конструкцій з використанням цифрових фотокамер. Для більш точного зображення деформацій фотографування слід проводити під різними кутами і з різних позицій. Отримані знімки в подальшому дають можливість прийняти більш правильні рішення по ліквідації деформації і відновленню конструкцій. [19]

## **1.2 Нормативно-технічна база в сфері обстеження технічного стану**

### **1.2.1 Загальні положення та основні вимоги щодо проведення обстеження технічного стану**

Обстеження об'єкта (планові та позапланові) і моніторинг окремих показників його технічного стану є елементами нагляду, які визначають (за потреби, і прогнозують) технічний стан об'єкта.

Ці дані відповідно до ДБН В.1.2-9-2008 [7] є інформаційною базою для формування раціонального складу і термінів виконання заходів з догляду за об'єктом, якими підтримують його експлуатаційну придатність (технічне обслуговування, капітальні ремонти, реставрація), пристосовують до зміни умов використання (реконструкція, технічне переоснащення) або припиняють експлуатацію (консервація, ліквідація).

Плановими обстеженнями оцінюють поточний технічний стан об'єкта, встановлюють можливість його подальшої безаварійної експлуатації або необхідність відновлення експлуатаційних властивостей.

Термін чергового планового обстеження об'єкта рекомендується призначати таким, щоб до його настання могла бути збережена придатність об'єкта для експлуатації за визначеним призначенням при дотриманні встановлених правил експлуатації і технічного обслуговування та за відсутності форсмажорних обставин.

При цьому мають бути взяті до уваги галузеві правила експлуатації та технічного обслуговування об'єкта, вимоги проектної та експлуатаційної документації, встановлений термін експлуатації об'єкта за призначенням, його клас наслідків (відповідальності), поточний та прогнозований технічний стан, особливості конструктивних рішень, впливи робочого та навколишнього середовища, геофізичні та геотехнічні фактори, вид призначеного використання, умови експлуатації та їх очікувані зміни. наявність в конструкціях та основах контрольно-вимірювальної апаратури, функціонування служби експлуатації об'єкта, досвід експлуатації аналогічних об'єктів тощо [3].

Термін першого планового обстеження технічного стану після прийняття об'єкта в експлуатацію після завершення будівництва рекомендується встановлювати в проектній документації.

Термін кожного наступного планового обстеження технічного стану об'єкта встановлюють під час чергового обстеження.

Рекомендації щодо термінів обстежень об'єктів наведені у ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [14].

Позапланове обстеження рекомендується проводити за виявленої потреби у відновленні експлуатаційних властивостей об'єкта або у їх пристосуванні до змінюваних умов використання:

- після екстремальних явищ стихійного або техногенного характеру;
- якщо виявлено, що технічний стан об'єкта погіршився до рівня, який не відповідає вимогам експлуатаційної придатності;

- при виникненні або прогнозуванні змін в умовах експлуатації об'єкта, які змінюють проектні навантаження, впливи, інженерно-геологічну, гідрогеологічну або іншу ситуацію чи конструктивну систему об'єкта:

- при плануванні заходів з відновлення експлуатаційної придатності об'єкта або з його пристосування до змінюваних умов експлуатації;

- при плануванні робіт з консервації, розконсервації або ліквідації об'єкта.

Шляхом обстеження встановлюють і оцінюють технічний стан конструктивної системи об'єкта (будівельних конструкцій та основ). інженерних систем та прилеглого середовища.

При обстеженні та оцінюванні технічного стану конструктивної системи об'єкта беруться до уваги:

- вимоги до експлуатаційних властивостей конструкцій об'єкта і фактичний рівень придатності їх технічного стану для забезпечення механічного опору та стійкості.

За потреби, обумовленої технічним завданням на обстеження, беруться до уваги також властивості конструкцій, які забезпечують їх відповідність іншим вимогам;

- наявність негативного впливу інженерних систем та/або виробничих умов на будівельні конструкції та основи;

- взаємний вплив об'єкта та навколишнього природного і техногенного середовища;

- виявлені несанкціоновані зміни будівельних конструкцій або інженерних систем, не передбачені проектною документацією.

Рівень придатності технічного стану конструктивної системи об'єкта в цілому визначають на підставі стану основ та технічного стану окремих конструкцій з врахуванням їх категорій відповідальності.

Рівень придатності технічного стану конструкцій визначають через ступінь відповідності несучої здатності (або інших експлуатаційних характеристик) нормативним та проектним вимогам [21].

Суттєві характеристики конструкцій, які забезпечують надійність об'єкта, їх перелік і граничні рівні мають бути надані відповідно до вимог ДБН В.1.2-14:2018 [8] у спеціальних нормах, проектній та експлуатаційній документації. Зокрема, в проекті мають бути наведені впливи та навантаження, на які розраховані конструкції категорії відповідальності А та основні несучі конструкції категорії відповідальності Б.

За відсутності нормативних та проектних характеристик конструкцій категорії відповідальності А та Б, необхідних для оцінки надійності об'єкта, мають бути вжиті заходи (дослідження, розрахунки тощо) щодо їх визначення, в першу чергу для об'єктів класу наслідків ССЗ.

Рівень придатності технічного стану окремих конструкцій та об'єкта в цілому для надійного й безпечного використання за призначенням визначають через ступінь їх відповідності нормативним вимогам з експлуатаційної придатності (механічний опір та стійкість, інші вимоги, визначені технічним завданням на обстеження).

Обстеженням об'єкта встановлюють фактичні фізико-механічні характеристики несучих та огорожувальних конструкцій - зусилля в елементах та перерізах, дефекти та пошкодження, які знижують несучу здатність та довговічність або перешкоджають нормальній реалізації захисних

функцій (забезпечення герметичності, тепло-, звуко-, гідроізоляції тощо).

Співвідношення фактичних експлуатаційних характеристик з проектними та нормативними вимогами з урахуванням граничних станів конструкцій та/або основ відповідно до вимог ДБН В.1.2-14:2009 [9] характеризують ступінь

придатності конструкцій, який оцінюється показником «категорія технічного стану».

Технічний стан окремої будівельної конструкції згідно з ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [14] характеризують однією з чотирьох категорій: «1» - нормальний; «2» - задовільний; «3» - не придатний до нормальної експлуатації; «4» - аварійний.

Технічний стан об'єкта в цілому оцінюють в залежності від технічного стану несучих та огорожувальних конструкцій шляхом віднесення його (згідно з ДБН В.1.2-14:2009 [9]) до однієї з чотирьох категорій технічного стану: «1» - нормальний; «2» - задовільний; «3» - не придатний до нормальної експлуатації; «4» - аварійний.

Основою для проведення обстеження об'єкта, як правило, є технічне завдання, в якому визначається: мета і завдання обстеження об'єкта, склад та форма подання інформації щодо результатів обстеження, необхідність оновлення паспорта об'єкта (або оформлення, якщо він відсутній), перелік та обсяги підготовчих, основних і допоміжних робіт, нормативні документи, вимоги яких мають бути враховані, форма участі замовника (власника, експлуатуючої організації) в роботах з обстеження тощо.

Діагностування технічного стану окремих будівельних конструкцій та об'єкта в цілому здійснюють через виконання необхідної сукупності обстежувальних, розрахункових та аналітичних процедур, перелік і повноту яких визначають у технічному завданні на обстеження.

Технічний стан об'єкта рекомендується діагностувати з врахуванням класу наслідків (відповідальності) об'єкта та категорії відповідальності окремих конструкцій [20].

Визначення класу наслідків (відповідальності) об'єктів здійснюють відповідно до ДСТУ 8855:2019 [13].

Під час технічних оглядів та обстежень об'єкта рекомендується брати до уваги небезпечні фактори впливу на експлуатаційні властивості будівель та окремих конструкцій, найбільш імовірні ділянки можливих дефектів і пошкоджень конструкцій від дії значних навантажень і зусиль, наявність зовнішніх і внутрішніх несприятливих впливів (зокрема від інженерних систем).

Моніторинг технічного стану об'єктів та їх конструкцій шляхом безперервного або періодичного спостереження і контролю може проводитись з метою:

- контролю та оцінки впливу природних, техногенних, антропогенних та інших факторів на технічний стан об'єкта, прилеглої забудови та оточуючого середовища;

- виявлення в об'єктах негативних змін напружено-деформованого стану, за наявності яких об'єкт слід детально обстежити для визначення та оцінки технічного стану;

- забезпечення безпечного функціонування об'єктів за рахунок своєчасного виявлення на ранній стадії негативних змін напружено-деформованого стану конструкцій та ґрунтів основ, які можуть спричинити перехід об'єктів в непридатний до нормальної експлуатації або аварійний стан;

- відстеження міри і швидкості зміни технічного стану об'єкта для здійснення у разі потреби екстрених заходів із запобігання його обваленню.

Рішення про необхідність спостереження, його склад та періодичність приймається в проектній документації з врахуванням уразливості будівлі від загроз, тобто властивості будівлі втрачати експлуатаційну придатність в результаті виникнення пошкоджень під впливом певного типу негативних факторів або їх сукупності:

- при низькій уразливості будівлі рівень спостереження - звичайний. тобто, враховуючи низьку ймовірність виникнення пошкоджень,

інструментальні спостереження можна не проводити, а обмежитись візуальним спостереженням під час проведення планових оглядів;

- при середній уразливості будівлі рівень спостереження - підвищений, тобто, враховуючи середню ймовірність виникнення пошкоджень, крім візуального спостереження під час планових оглядів, додатково треба проводити періодичні інструментальні обстеження для встановлення можливого взаємозв'язку між рівнем негативних факторів впливу та динамікою розвитку виявлених пошкоджень;

- при високій уразливості будівлі рівень спостереження - особливий, тобто, враховуючи високу ймовірність виникнення пошкоджень, об'єкт необхідно додатково обладнувати автоматизованою системою моніторингу для попередження надзвичайних ситуацій. Склад системи та контрольовані параметри визначають індивідуально з врахуванням аналізу можливих загроз та пошкоджень.

За результатами спостережень можливе прогнозування подальшого розвитку процесів.

Періодичність контролю визначається максимально можливою швидкістю зміни контрольованого параметра з урахуванням співвідношення вартості цих робіт до можливих збитків від несвоєчасного виявлення пошкоджень.

При технічних оглядах та обстеженнях об'єкта під час його експлуатації рекомендується насамперед брати до уваги:

- вплив ускладнюючих умов - підроблювані території, просідаючі ґрунти, сейсміка, технологічні впливи тощо;
- стан водовідведення з приоб'єктної території;
- технічний стан покрівель та систем водовідведення з дахів;
- стан гідроізоляції фундаментів та вимощення навколо об'єкта;

- технічний стан несучих конструкцій;
  - стан захисного шару в залізобетонних конструкціях;
  - стан антикорозійних та вогнезахисних покриттів металевих та інших конструкцій;
  - технічний стан відповідальних дерев'яних конструкцій - ферм, перекриттів тощо;
  - технічний стан дерев'яних елементів, що контактують з ґрунтом, є закладними елементами цегляних або бетонних конструкцій, знаходяться в місцях значних температурних перепадів;
  - технічний стан інженерних систем - водопостачання, каналізації, тепlopостачання, вентиляції, газопостачання, електропостачання - та їх можливий вплив на конструктивну систему об'єкта ;
  - стан внутрішнього протипожежного водопостачання, систем димо- та тепловидалення, підпору повітря;
  - дотримання проектного температурно-вологісного режиму у приміщеннях;
  - ризик тілесних пошкоджень у людей на об'єкті чи поряд з ним.
- Слід відстежувати неприпустимість:
- несанкціонованих змін об'ємно-планувальних, конструктивних та технологічних рішень об'єкта без розробленої та затвердженої в установленому порядку проектної документації;
  - перевантажень будівельних конструкцій.

У пошуку дефектів і пошкоджень окремих конструктивних компонентів об'єкта рекомендується орієнтуватись на такий перелік найбільш імовірних ділянок дефектів і пошкоджень:



- для основ - у зонах складування важких вантажів, біля колон, стін, фундаментів, опор , які несуть великі навантаження, у місцях зволжених ґрунтів та вібраційних чи ударних навантажень;

- для фундаментів -у зонах зволоження ґрунтів (особливо агресивними рідинами), у зонах дії вібрацій, ударних навантажень, привантажень , при спорудженні важких прибудов, влаштуванні близько розташованих котлованів , при неупорядкованих водовідливів та водозниженні;

- для колон - у найбільш напружених зонах стику з фундаментом, біля консолей, у стиках збірних колон по висоті, поблизу підлоги, де можливе попадання агресивної рідини або механічне пошкодження транспортом та навантажувальна-розвантажувальними засобами , у вузлах стикування з ригелями перекриттів та покриттів;

- для балок, ферм та плит перекриттів - у зоні дії максимальних згинальних моментів, поперечних сил, передачі зосереджених зусиль, дії вібраційних та ударних навантажень , агресивних рідин, газів, пилу в місцях стикування;

- для покриттів - у місцях підвищеного зволоження, пошкоджень з боку приміщень, накопичень технологічного пилу, на ділянках з підвищеною щільністю утеплювача або насичення його вологою ;

- для стін - у місцях підвищеного зволоження з заморожуванням та відтаванням, у стиках панельних стін, у приляганнях до підлоги та перекриття.

Поява небезпечних дефектів і пошкоджень, хоча й з меншою імовірністю , можлива на будь-якій іншій ділянці об'єкта.

За результатами обстеження об'єкта складають науково-технічний звіт, технічний звіт або висновок (далі - звіт) , що визначається в технічному завданні на обстеження в залежності від його складності.

Вимоги до складу звіту встановлюють у технічному завданні на обстеження та оцінку технічного стану об'єкта.

Звіт є основою для внесення змін до паспорта об'єкта (або для його оформлення, якщо паспорт відсутній).

### **1.2.2 Охорона праці при проведенні обстежувальних робіт**

Під час обстеження будівель та інженерних споруд спеціалісти мають виконувати вимоги з охорони праці, які викладені в ДБН А.3.2-2-2009 [6] та правила, що діють на підприємстві (організації), об'єкти якого обстежуються.

До виконання робіт з обстеження будівель і споруд допускаються спеціалісти не молодші 18 років, що пройшли відповідне навчання і перевірку знань з охорони праці. Перед початком обстеження на діючому підприємстві необхідно:

- ознайомити спеціалістів, що проводять обстеження, зі структурою виробництва, правилами охорони праці на ньому;
- скласти протокол узгодження умов безпечного проведення обстежувальних робіт і оформити наряд-допуск на виконання робіт з підвищеним рівнем небезпеки представникам спеціалізованої організації та підприємства-замовника.

Роботи з обстеження слід проводити тільки у присутності відповідальної особи, яка призначена наказом власника будівлі (споруди) та відповідає за безпечну і надійну її експлуатацію. Під час проведення обстежень особливу увагу необхідно звертати на роботи, що виконують у котлованах, аварійних будівлях, на висоті, з використанням електроприладів та електроінструментів. Якщо при обстеженні конструкцій діючого підприємства виникає небезпека для спеціалістів, що виконують роботи з обстеження, то слід прийняти заходи щодо

її ліквідації або зупинити роботи. При обстеженні будівель та інженерних споруд забороняється:

- проводити обстеження конструкцій на висоті недобудованих будівель (споруд), які не мають сходів, перекриття, настилів;
- обстежувати у холодний період року зледенілі або засніжені конструкції;
- працювати без відповідних захисних засобів.

Під час обстеження об'єктів з аварійними конструкціями необхідно унеможливити знаходження людей, в тому числі і осіб, які приймають участь у обстеженні, на ділянках можливих обрушень або забезпечити їх захист, достатній для збереження життя і здоров'я (тимчасове закріплення конструкцій, їх огороження, забезпечення касками тощо) [1].

### **1.2.3 Етапи технічного обстеження**

У виконанні обстежень об'єкта можуть бути виділені такі етапи:

- підготовка до проведення обстеження;
- попереднє обстеження;
- основне (детальне) обстеження;
- додаткове обстеження;
- спеціальні обстеження

Обов'язковими етапами є підготовка до проведення обстеження та основне (детальне) обстеження, інші етапи виконують за потреби у їх проведенні.

Підготовка до проведення обстеження включає:

- ознайомлення з об'єктом і прилеглою територією та забудовою;

- попередній аналіз завдання і вихідних даних, в т.ч. наявної технічної документації;
- за необхідності - пошук і отримання відсутніх матеріалів, необхідних для виконання обстеження;
- складання технічного завдання на обстеження та договірної документації.

До попереднього обстеження, в залежності від поставлених завдань, може бути включено:

- ознайомлення з наявною технічною документацією, в т.ч. для визначення відповідності конструктивних та інших рішень і експлуатаційних характеристик діючим нормам та змінам природного та/або техногенного середовища, що відбулися за період експлуатації;
- збирання та аналіз інформації від осіб, причетних до будівництва та експлуатації об'єкта;
- попередній огляд об'єкта, прилеглої території та забудови з урахуванням зібраної інформації, попереднім оцінюванням технічного стану конструкцій, основ, інженерних систем та виявленням серед них таких, що перебувають у найбільш небезпечному стані;

Результатом попереднього обстеження має бути попередній висновок про технічний стан об'єкта, за необхідності - попередні рекомендації з його експлуатації та програма основного (детального) обстеження.

До основного (детального) обстеження, в залежності від поставлених завдань, може бути включено:

- аналіз архітектурно-планувальних і конструктивних рішень, їх відповідності діючим нормам та умовам використання об'єкта;
- проведення візуального обстеження з фіксацією наявних пошкоджень та дефектів в конструкціях об'єкта;

- обстеження основ, фундаментів, несучих та огорожувальних конструкцій, засобів опорядження тощо з виявленням дефектів та пошкоджень, їх фіксацією, обміром, ескізуванням і визначенням причин;
- огляди прилеглої території, забудови, елементів благоустрою, обстеження, за наявності, конструкцій, інженерних споруд та пристроїв, що захищають об'єкт від небезпечних природних та техногенних впливів;
- дослідження інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов майданчика;
- обміри конструкцій, об'єкта в цілому та елементів прилеглої території;
- інструментальні дослідження та випробування будівельних конструкцій (польові та лабораторні вимірювання міцності, геометричних параметрів, фізико-механічних характеристик, випробування конструкцій пробними навантаженнями тощо);
- обстеження засобів захисту конструкцій від корозії, природних та технологічних впливів;
- огляди інженерних систем, які мають вплив на будівельні конструкції, вивчення та аналіз такого впливу (зокрема, введів та випусків мереж інженерних систем) на технічний стан конструкцій та об'єкта в цілому;
- вибіркове розкриття закритих елементів та вузлів для оцінки їх технічного стану та вимірювання необхідних технічних та експлуатаційних характеристик;
- уточнення конструктивних схем навантажень, перевірі розрахунки конструктивної системи об'єкта, його конструкцій та основ, а також об'єктів, які знаходяться в зоні його впливу;
- визначення поточної динаміки розвитку тріщин і деформацій в конструкціях і вузлах через встановлення маяків та проведення інших заходів;

- обстеження стану повітряного середовища в об'єкті та навколо нього (температура, вологість, повітрообмін, хімічний склад повітря);
- узагальнення та аналіз отриманих даних;
- прогнозування динаміки зміни параметрів, що впливають на технічний стан об'єкта.

Додаткове обстеження об'єкта проводять, якщо в процесі основного обстеження виявлено необхідність у дослідженнях, не передбачених договором та/або технічним завданням.

Спеціальні обстеження призначають у випадках, коли даних детальних і додаткових обстежень недостатньо для прийняття обґрунтованого рішення щодо технічного стану та безпечної експлуатації об'єкта.

Спеціальні обстеження об'єкта (за обґрунтуванням) можуть містити:

- інженерно-геологічні, гідрогеологічні, інженерно-геодезичні вишукування, зокрема, у разі небезпечного впливу на об'єкт природного та/або техногенного навколишнього середовища;
- випробування конструкцій пробними навантаженнями та впливами;
- тривалі спостереження та вимірювання деформацій, осідань, кренів, температурно-вологісного режиму (моніторинг).

Якщо обстеженням виявлено, що технічний стан об'єкта, його окремих конструкцій чи систем непридатний до нормальної експлуатації, має бути розроблена програма обмеженого режиму експлуатації об'єкта на період до завершення заходів з відновлення його експлуатаційної придатності (або до виведення з експлуатації).

Обмежений режим має забезпечувати безпеку для життя і здоров'я людини, безпеку експлуатації об'єкта та захист навколишнього середовища відповідно до вимог ДБН В.1.2-6-2008, ДБН В.1.2-8-2008, ДБН В.1.2-9-2008, ДБН В.1.2-12-2008 [14].

### 1.3 Види дослідження будівель

Обстеження поділяються на загальні (попередні) й детальні (інструментальні). У процесі проведення загальних обстежень встановлюють:

- ступінь і площу пошкодження захисних покриттів, гідроізоляції, покрівлі, підлоги;

- наявність видимих ознак дефектів і пошкоджень конструкцій (відколів і скоюк, вертикальних і похилих тріщин, мокрі і масляні плями, тріщини від корозії арматури, деформації елементів, відсутність болтів або заклепок, тріщини у зварних швах тощо);

- невідповідність майданчиків обпирання збірних елементів проектним розмірам;

- орієнтовну міцність конструктивних елементів.

На підставі загального обстеження проводиться оцінка технічного стану конструкцій, визначаються ділянки для детального обстеження, склад і обсяг підготувальних робіт (виготовлення риштування, очищення елементів, влаштування додаткового освітлення), складається програма детальних обстежень і, у разі необхідності, додаткових спеціальних робіт (виміри динамічних характеристик, геодезична зйомка), орієнтовно встановлюється обсяг відновлювальних робіт, приймається рішення щодо необхідності виконання страхувальних заходів. Загальне обстеження наявних конструкцій може проводитися представниками проектних організацій, що виконують проекти реконструкції або відновлення, спільно з представниками підприємств,

із залученням для складних і відповідальних випадків інших спеціалізованих науково-дослідних підрозділів.

Під час проведення спільних обстежень об'єкт розбивається на ділянки за такими ознаками:

- вид конструкцій (фундаменти, перекриття, колони, покриття, стінна огорожа тощо);

- особливості експлуатації (над джерелами тепловипромінювання, поблизу джерел зволоження, проливання технологічних розчинів, розташування витяжних парасольок тощо).

Загальне обстеження проводять із застосуванням найпростіших приладів (біноклів, схилів, стрічок, рулеток, рівнів), які не потребують спеціалізованої підготовки персоналу. Під час проведення обстежень в умовах діючих підприємств особи, які виконують обстеження, повинні бути проінструктовані щодо спеціальних правил охорони праці, що діють на цьому об'єкті. Для безпосереднього доступу до конструкцій можуть використовуватися драбини, підмощення, риштування, пересувні вишки, телескопічні автовишки, мостові крани. Усі предмети, необхідні для обстеження, повинні відповідати вимогам охорони праці. Зручність доступу до конструкцій істотно впливає на терміни виконання та якість обстеження, тому підготувальні роботи повинні виконуватися якісно і в повному (запланованому) обсязі. Детальні обстеження проводять із метою уточнення вихідних даних, необхідних для виконання всього комплексу розрахунків конструкцій реконструйованих і відновлюваних об'єктів. У процесі детальних обстежень виконують:

- уточнення розмірів, схем обпирання конструкцій, навантажень, якості й міцності матеріалів;

- виявлення, вимірювання й замалювання тріщин, дефектів, пошкоджень конструкцій;



- вимірювання деформацій (прогинів, нахилів, перекосів, зрушень, осідання фундаменту);
- уточнення результатів загальних обстежень;
- тривалі спостереження й вимірювання деформацій конструкцій, температурно-вологісного режиму;
- випробування конструкцій пробним навантаженням;
- вібродинамічне випробування;
- уточнення даних інженерно-геологічних і геодезичних пошуків.

Способи, методика й особливості виконання детальних обстежень, проведених щодо конструкцій із різних матеріалів, відрізняються. Наприклад, під час детальних обстежень залізобетонних конструкцій встановлюють:

- міцність бетону (нормативний опір стисненню);
- проникність, величину захисного шару бетону;
- однорідність і суцільність бетону;
- ступінь і глибину корозії бетону (коксування, сульфатизація, проникнення хлоридів, хімічний склад пов'язаних цементним каменем агресивних речовин);
- ширину розкриття тріщин у бетоні;
- вид і фізико-механічні властивості арматури;
- вид і ступінь корозії арматури;
- корозію сталевих елементів і зварних швів вузлових з'єднань;
- величину прогину елемента;
- фактичні навантаження й експлуатаційний вплив.

Результати випробувань оформляють відповідними актами, на підставі яких уточнюється оцінка технічного стану конструкцій і визначаються заходи щодо подальшого вдосконалення організації експлуатації будівлі або споруди.

Результати вимірювання розмірів, дефектів, пошкоджень і деформацій конструкцій наносять на креслення (плани, розрізи, розгортки). На кресленнях указують обриси й розміри деформацій, дефектів і пошкоджень конструкцій, напрям, довжину, ширину й глибину тріщин. За результатами обстежень складають технічний висновок, що є вихідним матеріалом для оцінки експлуатаційної придатності, проектування, відновлення, підсилення та антикорозійного захисту сталевих конструкцій. Висновок може складатися в табличній формі, у вигляді опису з додаванням відповідних графічних матеріалів, фотографій, протоколів випробувань (технічний звіт). Технічний висновок зазвичай містить:

- літологічний розріз основи з даними щодо рівня ґрунтових вод і їх хімічного складу;
- дані щодо фізико-механічних і міцнісних характеристик ґрунтів, що зазнали тривалої завантаженості, із виявленням зон впливу деформацій земної поверхні та їхніх причин;
- графіки нівелювання цоколя, колон і великорозмірних фундаментів, визначення осідання, відносних зсувів і кренів фундаментів;
- відомості щодо стану конструкцій нульового циклу - траєкторії й величини розкриття тріщин (із зазначенням, чи спостерігаються відповідні тріщини в підземній частині будівлі), відносного зміщення сусідніх фундаментів у швах, місцях і площі корозійного ураження бетону, арматури, руйнування мурування, гідроізоляції тощо;
- рекомендації щодо необхідності розроблення заходів стосовно зменшення деформативності та збільшення несучої здатності підвалин;
- оцінку технічного стану будівельних конструкцій (загалом, за видом конструкцій, за типом матеріалу);

- протоколи визначення міцності матеріалів конструкцій із зазначенням ділянок, які з погляду умов експлуатації і типів конструкцій (чи інших причин) можна об'єднати в одну партію;

- дані щодо глибини й особливості корозійних пошкоджень конструкцій із зазначенням імовірних факторів, що її спричинили, на підставі результатів фізико-хімічних досліджень;

- порівняльні дані проектних і фактичних розмірів конструкцій;

- характеристику базових видів дефектів і пошкоджень із зазначенням причин їх виникнення;

- рекомендації щодо необхідності розроблення заходів стосовно відновлення, посилення та антикорозійного захисту конструкцій;

- дані щодо фактичних навантажень на конструкції в момент їхнього обстеження;

- дані щодо особливості обсягів деформацій конструкцій, що зазнають динамічних дій.

У процесі проведення оглядів і обстежень під час оцінювання стану будівлі необхідно брати до уваги:

- умовність статичних і розрахункових схем і можливі відхилення обчислених за ними зусиль від дійсного їх розподілу в конструкціях споруди;

- умовність застосовуваних розрахункових характеристик матеріалів;

- можливе відхилення навантажень від розрахункових значень;

- випадковість фактичного впливу зовнішнього середовища.

Діагностика - встановлення й вивчення ознак, що характеризують стан будівельних конструкцій будівель і споруд для визначення можливих відхилень і запобігання порушенням сталого режиму їхньої експлуатації.

До базових параметрів експлуатаційної якості будівлі, що визначають його безпеку й комфортні умови докiлля й діагностуються в процесі обстежень, належать: міцність, деформативність, герметичність, температурно-вологісний режим, теплопровiдність (опiр теплопередачі), вологість матеріалу конструкції, звукоізоляція та освітленість.

У складі інженерних вишукувань передбачають:

- інженерно-геодезичні;
- інженерно-геологічні;
- інженерно-гідрометеорологічні вишукування.

Основними завданнями інженерних вишукувань є:

- встановлення змін природних умов території за результатами її забудови, виявлення впливу антропогенних даних на природне середовище;
- оцінювання достовірності раніше виданого прогнозу щодо змін природних умов з урахуванням досвіду будівництва та експлуатації будівель і інженерних споруд;
- виявлення чинників наявних деформацій будівель і інженерних споруд.

Інженерно-геодезичні вишукування зазвичай передбачаються для будівель та інженерних споруд, що реконструюються. До їх складу входять наступні роботи:

- збирання та аналіз додаткових результатів інженерно-геодезичних вишукувань минулих років;
- побудову (розвиток) опорних геодезичних мереж;
- створення планово-висотної мережі;
- інженерно-топографічні знімання планів;
- інженерно-гідрографічні роботи;

– спеціальні геодезичні роботи, які містять: координування кутів капітальних будівель, поворотних і вузлових опор інженерних комунікацій, детальне обстеження.

Інженерно-геологічні вишукування виконують в два етапи:

- підготовка попередніх даних про інженерно-геологічні умови;
- інженерно-геологічні вишукування для вирішення питання про подальшу експлуатацію об'єкта (реконструкція, модернізація, відбудова, паспортизація, підсилення тощо).

Збирання та узагальнення даних щодо інженерно-геологічних умов будівельного майданчику базується на інформації по основах та фундаментах будівель, відомостях обстежень та вишукувань попередніх років, а також відомостях про деформації об'єкта. При інженерно-геологічних вишукуваннях виконуються такі роботи:

- здійснюють зовнішній і внутрішній огляд усіх стін будівлі з метою виявлення деформацій та тріщин у конструкціях;
- встановлюють місця розташування вводів і випусків водопровідних комунікацій;
- перевіряють наявність та ефективність дренажів, водопонижуючих систем тощо;
- виявляють деформації наземних конструкцій.

Для огляду фундаментів і оцінювання ґрунтів відривають шурфи на глибину нижче подошви фундаменту на 0,5 м, а в насичених ґрунтах - на 1 м. У разі необхідності влаштування свердловин їх занурюють на глибину, що дорівнює стисливому шару ґрунту. При цьому 20% свердловин повинні пройти малостисливий ґрунт на 5 м ( $E=30$  МПа).

За результатами вишукувань складають карти з відображенням усіх отриманих результатів та звіт, що має містити наступні основні характеристики:

- кут внутрішнього тертя та модуль деформації ґрунтів;
- щільність та коефіцієнт фільтрації ґрунтів;
- природна вологість, вологість на межі розкочування та на межі текучості ґрунтів;
- заторфованість, засоленість ґрунтів тощо.

У складі інженерно-гідрометеорологічних вишукувань повинно бути передбачено:

- збирання матеріалів попередніх вишукувань;
- збирання даних про умови експлуатації об'єкта;
- збирання даних про несприятливий вплив підприємств на режим водних об'єктів, флору, фауну, повітряний басейн тощо.

Аналіз ділянки забудови зводиться до визначення системи благоустрою. Методика обстеження при цьому містить три етапи: відбір архівних матеріалів; натурні вишукування; камеральна обробка отриманих матеріалів. Відправними документами є: ситуаційний план, технічні паспорти будівлі або споруди, генеральний план.

При проведенні обстеження збирають відомості:

- соціально-економічні (склад працюючих, показники рівня благоустрою, наявність рекреаційних зон тощо);
- містобудівні (зонування і баланс території, стан озеленення, транспортні мережі, перспективне будівництво);
- гігієни середовища (шумовий, інсоляційний режим тощо);
- про інженерні мережі (підземні і наземні комунікації, їхній технічний стан тощо);
- система побутового обслуговування (медичні установи, організація харчування, служби побутового обслуговування).

Після зібрання даних проводять аналіз отриманої інформації та виконують спеціальне економічне обґрунтування по реконструкції об'єкта, використанню території тощо.

Інструментальний приймальний контроль закінченого будівництва, капітально відремонтованого або реконструйованої будівлі проводять з метою комплексної перевірки відповідності вимогам, що пред'являються нормативно-технічною документацією до готового будинку, перевіряють відповідність виконання будівельно-монтажних робіт (БМР) проекту, вимогам стандартів та інших чинних нормативних документів по всіх конструктивних елементах і системах інженерного обладнання будівель; встановлюють відповідність характеристик температурно-вологісного режиму приміщень і звукоізоляції огорожувальних конструкцій санітарно-гігієнічним вимогам до житлових будинків для визначення їх готовності до заселення. Технічний огляд інженерного обладнання проводять на підключених до зовнішніх мереж системах, що працюють в експлуатаційному режимі.

Приймальний контроль проводять вибірково, розміри вибірки визначають на основі статистичного аналізу даних про дефекти в будівлях, які приймаються в експлуатацію. При проведенні вимірювань контрольними нормативами, визначальними якість СМР або ремонтно-будівельних робіт, є максимальні і мінімальні значення параметрів, нижні і верхні межі їх відхилень, а також приймальні і бракувальні числа, характеризують кількість дефектних одиниць у вибірці. порушенням допуску вважається випадок, коли вимірювальне значення параметра перевищує встановлений верхнє або нижнє граничне відхилення більш, ніж на величину похибки вимірювання.

На основі даних вибіркового контролю складають технічний висновок про стан будівлі, що приймається в експлуатацію. Матеріали інструментального приймального контролю використовують при складанні переліку дефектів і

недоробок для пред'явлення приймальній комісії і при встановленні оцінки якості СМР або ремонтно-будівельних робіт, вони також є вихідними даними для подальшої експлуатації будівлі [26].



## 2 ОЦІНКА СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА КОНСТРУКЦІЙ. ВИДИ ДЕФЕКТІВ

Обстеження будівельних конструкцій будівель і споруд включає в себе визначення фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей матеріалів, геометричних розмірів, прогинів, ширини розкриття тріщин, дефектоскопію тощо. З цією метою використовуються різноманітні прилади й обладнання.

Прилади, які використовуються для оцінювання технічного стану конструкцій, можна поділити на дві групи.

До першої належать прилади для визначення відповідності проектному положенню будівельних конструкцій, включаючи деформації всіх видів (для споруди в цілому та її елементів). Для досягнення цієї мети використовуються відомі геодезичні прилади і пристрої. Вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів виконується теодолітом, положення точок по висоті й перевищення одних точок над іншими - нівеліром.

У практиці обстеження конструкцій найчастіше використовують теодоліти Т2, 2Т5К, які належать до другої групи точності, а також нівеліри Н 1, НО5, котрі мають першу групу точності. Однак не виключене використання нівелірів інших типів, наприклад, «Кон-007» (виробництва Німеччини).

Для проектування точок по вертикалі, а також при вимірюванні кренів та коливань будівель використовуються прилади вертикального проектування, такі, як оптичний центрувальний прилад ПЦ-2 і «Зеніт-ОПЦ» або процевійний «Зеніт-ЛОТ» (PZL) фірми «Карл Цейс Єна» (Німеччина). Використовуються також фототеодоліти різних марок з устаткуванням для обробки даних вимірювань типу універсальної вимірювальної та стереофотограмметричної камери, інженерних фотограмметрів, стереокомпараторів тощо.

Для особливо точних геодезичних вимірювань можуть бути використані лазерні прилади. Вони, як правило, мають переваги над звичайними при виконанні робіт в умовах діючих виробництв.

Другу групу приладів становлять пристосування, призначені для визначення міцності та деформативних властивостей матеріалів конструкцій. Безперечно, що найбільш достовірними будуть дані, одержані шляхом прямих випробувань зразків матеріалів, узятих із споруди. Однак добування таких зразків із конструкції - справа складна, а інколи і неможлива. Тому перевагу при обстеженні реальних конструкцій віддають неруйнуючим методам випробувань [26].

## **2.1 Оцінка деформативності і стійкості конструктивних елементів будівлі**

Технічний стан будівлі (споруди) - це сукупність якісних і кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність будівлі та її частин порівняно з їх гранично допустимими значеннями.

Стан окремих конструкцій будівель і споруд визначається ступенем їх пошкодження та зносу. Оцінювання технічного стану конструкцій проводиться з метою встановлення небезпеки їх руйнування, тобто ступеня її критичного стану, а також можливості подальшого використання конструкції (з підсиленням або без нього). Це оцінювання проводиться на основі натурного огляду, інструментальних досліджень, а також перевірних розрахунків або випробувань [15].

За несучою здатністю та експлуатаційними властивостями конструкції належать до одного із таких станів:

- стан конструкцій I - нормальний. Фактичні зусилля в елементах і перерізах не перевищують допустимих за розрахунком. Відсутні дефекти й пошкодження, які перешкоджають нормальній експлуатації або знижують несучу здатність чи довговічність;

- стан конструкцій II - задовільний. За несучою здатністю й умовами експлуатації конструкції відповідають стану I. Мають місце дефекти та пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкції. Необхідні заходи щодо захисту конструкцій;

- стан конструкцій III - непридатний для нормальної експлуатації.

Конструкція перевантажена, або мають місце дефекти та пошкодження, які свідчать про зниження її несучої здатності.

Але на основі перевірних розрахунків і аналізу пошкоджень можна зробити висновок, що цілісність її на час підсилення буде забезпечена;

- стан конструкцій IV - аварійний. Те саме, що і за станом конструкцій III. Але на основі перевірних розрахунків й аналізу ефектів та пошкоджень неможливо гарантувати цілісність конструкцій на період підсилення, особливо якщо можливий «крихкий» характер їх руйнування. Необхідно вивести людей із зони можливого обвалення, виконати негайне розвантаження, вжити інших заходів для безпеки.

Будівлі в цілому залежно від стану несучих та огороджуючих конструкцій належать до одного із наступних станів:

- стан будівлі (споруди) I - нормальний. У будівлі (споруді) відсутні несучі й огороджуючі конструкції, які відповідають стану конструкцій II (задовільний), III (непридатний до нормальної експлуатації) і IV (аварійний);

- стан будівлі (споруди) II - задовільний. У будівлі (споруді) відсутні несучі та огорожуючі конструкції, які відповідають стану конструкцій III (непридатний до нормальної експлуатації) і IV (аварійний);

- стан будівлі (споруди) III - непридатний до нормальної експлуатації. У будівлі (споруді) відсутні несучі й огорожуючі конструкції, які відповідають стану конструкцій III (непридатний до нормальної експлуатації) і IV (аварійний);

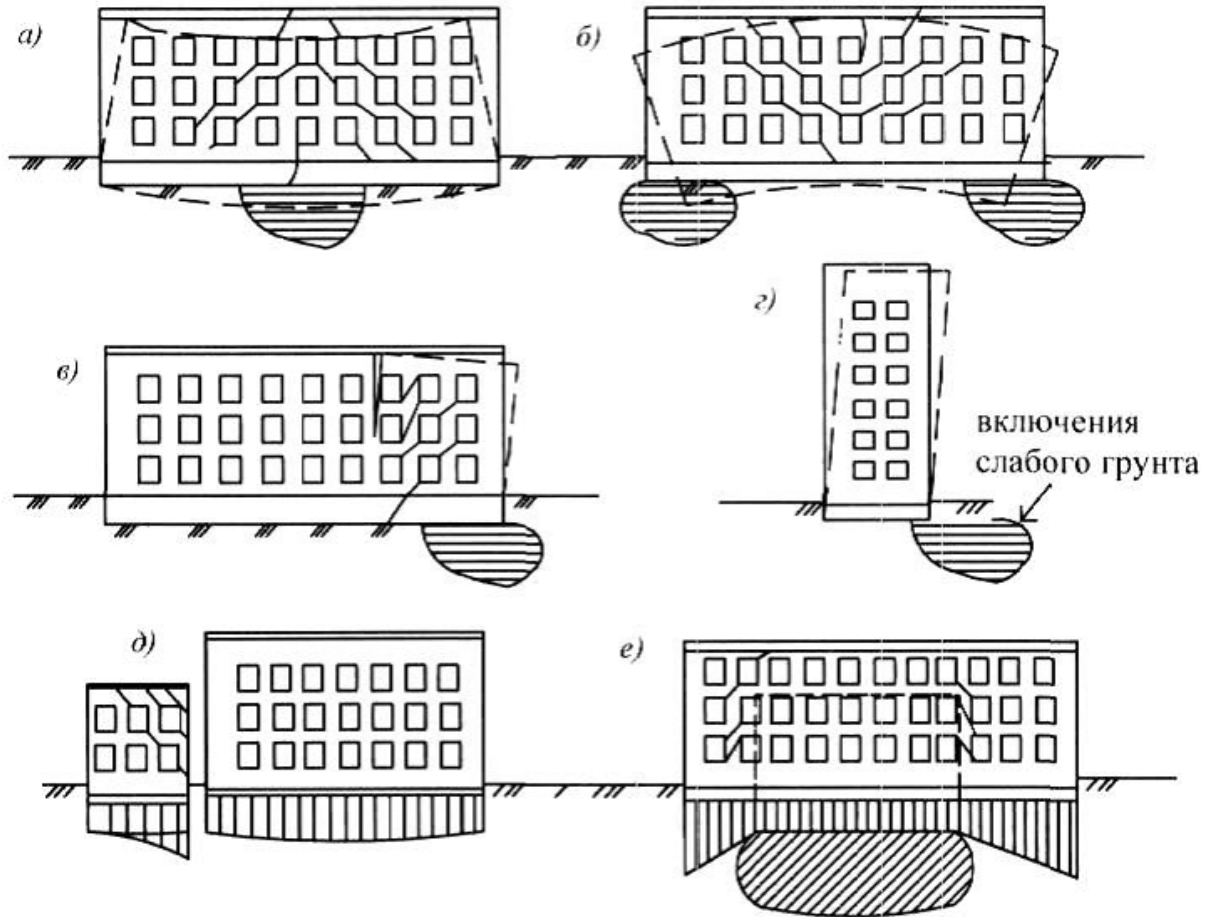
- стан будівлі (споруди) IV - аварійний. У будівлі (споруді) є несучі та огорожуючі конструкції, які відповідають стану конструкцій IV (аварійний) [17].

## 2.2 Дефекти і пошкодження

Оскільки в процесі експлуатації будівля зазнає впливу динамічних і статичних навантажень (снігова, корисна, від власної ваги, вітрова), то несучі конструкції будівлі деформуються. Деформації можуть бути різними - у вигляді паралельного зміщення перерізів конструкцій, розтягування або стиснення, унаслідок чого виникають тріщини, тому деформативність будівлі загалом і певних несучих конструкцій можна виявити візуально в процесі загальних обстежень - за наявністю тріщин.

Візуальне оцінювання деформацій будівлі. Візуальне обстеження стін будівлі полягає в аналізі особливостей розташування й формування тріщин. Так можна виявити дефекти підвалин і фундаментів будівлі. На рис. 2.1 показано характерне деформування будівлі залежно від ґрунтових умов.

Вигинисті тріщини по фасаду будівлі спричиняє деформування підвалин, нерівномірне просідання, наявність у підвалинах слабкого або, навпаки, ґрунту, що мало стискається [26].



а - прогин; б - вигин; в - перекіс; г - крен; д - під час зведення поруч нової будівлі; е - під час зведення на місці знесеного будинку.

Рисунок 2.1 - Характерне деформування будівлі, пов'язане зі змінюванням ґрунтових умов

Температурно-вологісні деформації, пов'язані із процесом зволоження-висихання й заморожування-відтавання, виявляються як сітка дрібних тріщин на поверхні конструкції. Відомо, що змінювання вологості на 0,1 % спричиняє додаткове напруження матеріалу:  $\sigma_{\omega} = 9 \text{ кг/см}^2$ . Горизонтальні тріщини також можуть бути спричинені місцевим деформуванням ґрунтів основ, унаслідок чого відривається нижча ділянка стіни. Тріщини в стикових з'єднаннях можуть виникати внаслідок різних осідальних деформацій у матеріалах пов'язаних

конструкцій, перевантаження елемента, зменшення його несучої здатності, а також через помилки в проектуванні й розрахунках, неякісне будівництво. У разі появи тріщин на зовнішніх або внутрішніх несучих стінах необхідно забезпечити контроль за ними, щоб оцінити їх вплив на несучу здатність конструкції [11].

Відхилення від вертикалі, а також викривлення у вертикальній площині можна виміряти як за допомогою схилу й лінійки, так і геодезичної зйомки.

У разі деформування перекриттів, стін і будівлі загалом (загальні деформації) вимірювати їх зручно назовні будівлі. Сутність геодезичного контролю полягає в періодичній перевірці розташування окремих точок, позначених закріпленими марками, стосовно нерухомих знаків і у визначенні взаємних переміщень по вертикалі й горизонталі. Горизонтальні переміщення конструкцій визначають за допомогою теодоліта методом створу, тобто за створними лініями, закріпленими нерухомими позначками. Вертикальні переміщення (просідання конструкцій) визначають за допомогою методу геометричного нівелювання стосовно нерухомо закріплених знаків.

У місцях, незручних для геометричного нівелювання, зокрема й усередині будівлі, проводять гідростатичне нівелювання, що базується на принципі сполучених посудин.

Інструментальний контроль за деформуванням несучих конструкцій в процесі експлуатації здійснюється за допомогою геодезичних приладів - теодоліта, нівеліра, а також прогиномірів і тензометрів. Межі деформацій і прогинів обумовлюються різновидом матеріалу, виду конструкції і регламентуються будівельними нормами [5] (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Граничні прогини несучих конструкцій

Конструкції	Граничні прогини в частинах прогону
1	2
<b>Залізобетонні</b>	
Плоскі перекриття: - у разі прогону до 7 м; - у разі прогону понад 7 м	1/200 1/300
Рєбристі перекриття, елементи сходів: - у разі прогону до 5м; - у разі прогону до 7м; - у разі прогону понад 7м	1/200 1/300 1/400
Навісні стінові панелі: - у разі прогону до 7 м; - у разі прогону понад 7 м	1/200 1/250
<b>Сталеві</b>	
Головні балки горищних перекриттів	1/250
Головні балки міжповерхових перекриттів	1/400
Прогони міжповерхових перекриттів	1/250
Інші	1/200
<b>Дерев'яні</b>	
Міжповерхові перекриття, балки	1/250
Горищні перекриття, балки	1/200
Балки консольні	1/150
Прогони, кроквяні ноги, покриття (крім розжолобок)	1/200
Розжолобки	1/400
Решетування, настили	1/150

Під час оцінювання технічного стану залізобетонних конструкцій, головним чином, керуються наявністю таких дефектів і пошкоджень (таблиця 2.2):

- тріщини й підвищені деформації від силових впливів (статичних і динамічних);
- корозійні пошкодження бетону, арматури, з'єднувальних закладних деталей;
- пошкодження від поперемінного заморожування - відтавання у зволоженому стані;
- температурні деформації при невідповідності відстаней між температурно-осадовими швами умовам експлуатації;
- тріщини в елементах каркаса та огорожувальних конструкціях від нерівномірного осідання фундаментів (у тому числі на підроблюваних територіях);
- пошкодження від вогню, механічні й ін.

Основними характеристиками, які підлягають визначенню при обстеженні, є:

- геометричні характеристики конструкцій і вузлів їх з'єднання;
- прогини, крени, осідання конструкцій;
- ширина й довжина розкриття тріщин, їх місцеположення та характер;
- міцність бетону;
- водонепроникність бетону;
- глибина перетвореного шару бетону;
- діаметр, кількість і розташування арматури;
- клас арматури, марка сталі, її міцність та деформативні характеристики;
- ступінь пошкодження арматури і закладних деталей корозією. [12]



Таблиця 2.2 - Основні признаки дефектів залізобетонних конструкцій

Показник дефекту	Максимальне значення показника у робочому стані	Мінімальне значення показника при неробочому стані
Ослаблення перетину по бетону (Дефекти виготовлення, корозії т.п.), %	2	15
Зниження міцності бетону,%	5	30
Ослаблення перерізу робочої арматури,%	3	15
Відхилення осей колон від вертикалі у верхньому перетині щодо розбивочних осей в мм при висоті колони до 16 м	25	50
Зсув плит на опорних поверхнях уздовж поздовжньої осі плит, мм	10	50
Зсув в плані ферм або балок покриття щодо розбивочних осей на опорних поверхнях колон, мм	10	50
Прогини балок і плит при прольоті до 6 м	1/200	1/80
Розкриття нормальних тріщин в розтягнутій зоні, що згинаються елементів, мм	0,3	1
Відшарування захисного шару бетону від корозії з оголенням робочої арматури на довжині прольоту,%	Не допускається	40%

Під час оцінювання технічного стану сталевих конструкцій слід мати на увазі, що незначні вм'ятини й викривлення другорядних елементів не знижують їх несучу здатність (таблиця 2.3).

Найбільш характерними і поширеними дефектами та пошкодженнями сталевих конструкцій є:

- наявність гнутих (непрямолінійних) елементів покриття, з'єднань, ригелів стінового огороження;
- наявність розірваних болтів або зварних швів у вузлах з'єднання елементів;
- наявність значних проміжків між фланцями з'єднуваних елементів та опорними поверхнями вузлових елементів;
- непроварювання швів кріплення фланців до поясних і стрижневих елементів покриття із ферм або просторових структур;
- наявність слідів корозії на стрижневих і вузлових елементах;
- наявність тріщин, вирізів, виривання на фасонних елементах у вузлах з'єднання стрижневих ферм та опорних вузлів;
- наявність зміщення, перекоосу або провисання опорних вузлів;
- деформування окремих елементів, місцеві прогини на полчках;
- перекіс фланців або опорних майданчиків по відношенню до прикріплених елементів;
- розбіжність між фактичною й прийнятою в проекті розрахунковою і (або) конструктивною схемою - наявність непередбачених проектом кріплень та з'єднань;
- пропущені й невстановлені зварні або болтові з'єднання при кріпленні з'єднань, розпірок та інших елементів;
- наявність вологи в трубчастих елементах ферм, структурних покриттів;

- зміна розрахункової схеми конструкції шляхом випадкового або навмисного обпирання конструкції на стіни, непроекtnі вузли підвісок, кран-балок і тельферів;
- корозійні пошкодження конструкцій через протікання покрівлі в малоуклонних покриттях.

Таблиця 2.3 - Основні признаи дефектів сталъних конструкцій

Показник дефекту	Максимальне значення показника у робочому стані	Мінімальне значення показника при неробочому стані
Ослаблення перетину елементів (Дефекти виготовлення, корозія, механічне пошкодження, погнутості),%	3	25
Відхилення ферм від вертикальної площини, мм	10	50
Відхилення колон від вертикалі при висоті колон до 15 м, мм	15	50
Відносне зменшення площі спирання ригелів, балок вздовж поздовжньої осі елемента,%	5	30
Зсув в плані ферм відносно розбивочних осей на опорних поверхнях колон, мм	20	50
Тріщини в основному металі або зварних швах	Не допускається	Наявність тріщин
Неповномірні зварних швів по розрахунковому перетину шва,%	3	15
Відносний прогин, балок, ферм, ригелів, прогонів при прогонах:		
6 м,	1/200	1/80
36 м	1/300	1/100

Конструкції вважаються аварійними, якщо мають місце такі дефекти та пошкодження:

- суттєва розбіжність між проектною і дійсною розрахунково-конструктивною схемою здатна призвести до руйнування конструкції;
- тріщини, розриви в зварних або болтових з'єднаннях у вузлах, особливо опорних та зв'язуючих елементів;
- значне і сильне корозійне пошкодження несучих конструкцій та руйнування зв'язуючих елементів;
- значні залишкові деформації несучих елементів каркаса, що свідчать про втрату стійкості їх;
- пропущені й незакріплені зв'язуючі елементи колон і покриттів;
- горизонтальні або вертикальні зміщення опорних вузлів, перекоси або осідання;
- значне зношення конструкцій.

У таблиці 2.4 перелічені основні дефекти кам'яних конструкцій.

Найбільш характерними й поширеними видами дефектів і пошкоджень дерев'яних конструкцій є:

- вологий стан (або періодичне зволоження) деревини;
- зміна природного забарвлення деревини;
- недопустимі деформації конструкцій і їх елементів;
- ураження деревини біошкідниками: домовими грибами (справжнім, плівковим, білим) та жуками-деревоточцями (вусатим чорним, меблевим точильником тощо), морськими біошкідниками (корабельним черв'яком);
- корозія металевих деталей;
- тріщини й розшарування клеєних дерев'яних конструкцій;

- руйнування від дії хімічних агресивних середовищ (зростання кристалів солі у середині деревини, через дії кислот і лугів, що утворюються внаслідок дії вологи та солі.

Основні признаки дефектів дерев'яних конструкцій представлені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 - Основні признаки дефектів кам'яних конструкцій

Показник дефекту	Максимальне значення показника у робочому стані	Мінімальне значення показника при неробочому стані
Відхилення поверхні кладки від вертикалі, мм при висоті стіни: до 15 м, понад 15 м	15 30	50 90
Нерівності (випирання) на вертикальній поверхні на двох метрах висоти	10	50
Відносне послаблення перерізу сталевих елементів кріплення (Дефекти виготовлення, корозія, механічні пошкодження), %	3	30
Зменшення товщини несучих елементів, %	3	25
Зниження міцності цегляної кладки, %	3	30
Тріщини, мм	Тріщини в окремих цеглинах	10 мм
Утворення наскрізних тріщин в перемичках, випадання окремих цегли	Не допускається	Наявність

Таблиця 2.5 - Основні признаки дефектів дерев'яних конструкцій

Показник дефекту	Максимальне значення показника у робочому стані	Мінімальне значення показника при неробочому стані
Випирання і вихід з площини стін, перекіс дверних і віконних прорізів	20 мм	Вихід із площини до 1/2 товщини стіни
Поразка деревини гнилизною в % від поперечного перерізу	4	30
Прогин балок і прогонів	1/200	1/80
Ослаблення з'єднань: врубувань і нагельних з'єднань - нещільності в з'єднуються елементах, мм	2	15
Непроклеєні ділянки клеєних конструкцій	Не допускається	Наявність
Ознаки аварійного стану: злами і руйнування окремих конструкцій, сколювання врубувань, втрата стійкості конструкцій (Поясів ферм, арок, колон)	Не допускається	Наявність

Динамічні деформації можна заміряти прогиномірами з точністю до 0,001 мм. Прогиноміри використовують для вимірювання місцевих деформацій, коли у вузлах і конструкціях відбуваються зміщення або повороти, подовження або

стиснення елементів. Прогиномір встановлюють упортул до конструкції та закріплюють нерухомо на опорі. У разі виникнення прогину або деформації пересувний блок рухається, переміщення стрижня приводить до обертання колеса, що фіксується на шкалі (Рис. 2.2).

Тензометри є прилади для виявлення місцевих лінійних деформацій у конструкціях (розтягування й стискання однієї конструкції або взаємне переміщення двох суміжних). За величиною деформації можна визначити величину напружень у матеріалі, тобто оцінити несучу здатність конструкції.

Тензометр Гугенбергера становить механічний прилад, що забезпечує збільшення в 1 200 разів. Тензометр вимірює лінійну деформацію волокна на ділянці між ножем і призмою, що відбивається на шкалі з ціною одного міліметрового поділу, що дорівнює 0,001 мм. Прилад кріпиться до випробуваної конструкції струбцинами. База тензометра дорівнює 20 мм, але за допомогою подовжувачів її можна значно збільшити (Рис. 2.3).

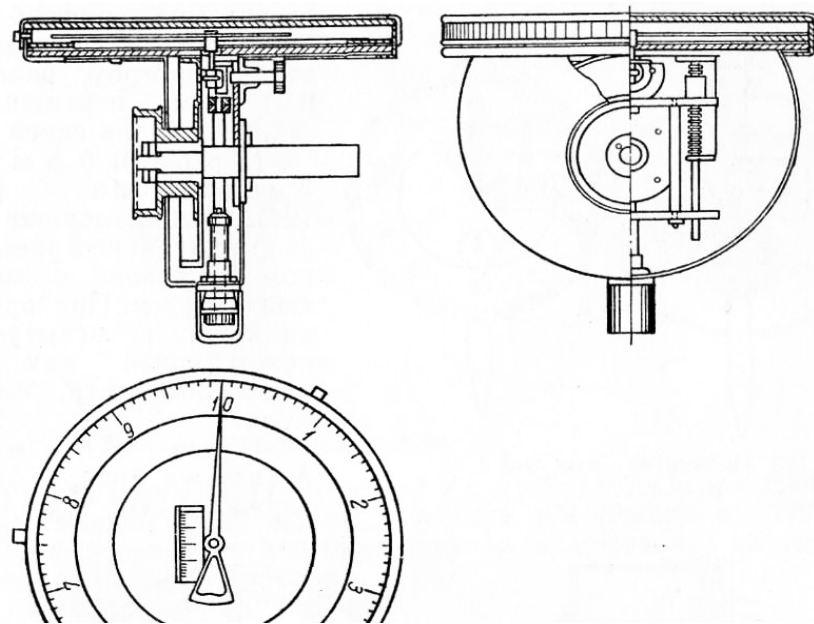
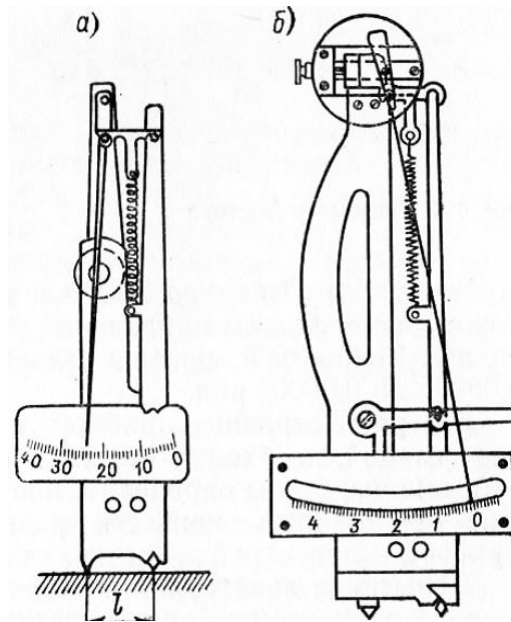


Рисунок 2.2 - Прогиномір Максимова



а - перша модель; б - друга модель

Рисунок 2.3 - Тензометр Гугенбергера

Виокремлюють механічні, оптичні й електричні тензометри (використовуються для оцінки малих деформацій і розтягувань до 10...6 мм).

Принцип роботи електричних тензометрів базується на здатності провідників змінювати електричний опір під час стиснення або розтягування, унаслідок чого за змінюванням опору можна судити про відносне деформування конструкцій. База дротяних тензорезисторів становить від 5 до 30 мм.

Клинометри використовують для вимірювання кутів повороту перерізів елементів конструкцій. Головною їхньою частиною може слугувати чутливий рівень, який у разі деформації виходить із горизонтального положення (клинометр Стопані), або важіль з двома закріпленими прогиномірами, за різницею відліків яких визначають кут повороту перетину (важільний клинометр ЛБІ) [23].



### **3 МЕТОДИ ОБСТЕЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ**

#### **3.1 Інструментальна діагностика технічного стану конструкцій будівель**

Діагностика - встановлення й вивчення ознак, що характеризують стан будівельних конструкцій будівель для визначення можливих відхилень і запобігання порушенням сталого режиму їхньої експлуатації.

До базових параметрів експлуатаційної якості будівлі, що визначають його безпеку й комфортні умови докільля й діагностуються в процесі обстежень, належать: міцність, деформативність, герметичність, температурно- вологісний режим, теплопровідність (опір теплопередачі), вологість матеріалу конструкції, звукоізоляція та освітленість.

Усі інструменти та прилади, необхідні для візуально-інструментальної оцінки якості, повинні зберігатися в спеціальних приміщеннях у справному стані й періодично контролюватися для перевірки точності й справності. У таблиці 3.1 представлені деякі традиційні технічні засоби інструментального контролю, що використовуються під час обстеження будівель для оцінки фізичних, механічних і геометричних характеристик базових несучих конструкцій, а також принцип їх роботи. [10]

Таблиця 3.1 - Прилади неруйнівного контролю технічного стану конструкцій

№	Прилад	Параметри, що контролює	Принцип дії
1	2	3	4
Ударні методи			
1	Молоток Фізделя	Міцність бетону, розчину, природного каменю, вивержених порід (граніту, сиеніту, діабазу тощо)	За тарувальною кривою, за середнім значенням діаметра 10...12 відбитків під час ударів по поверхні конструкцій. Точність - $\pm 50\%$
2	Молоток Кашкарова	Міцність бетону, розчину, природного каменю, вивержених порід (граніту, сиеніту, діабазу тощо)	За тарувальною кривою за середнім значенням відносин із 10...12 відбитків на випробувальному й еталонному матеріалах. Точність - $\pm 70\%$
3	Пістолет ЦНДІБКа, склерометр Шмідта	Міцність бетону, розчину, природного каменю, вивержених порід (граніту, сиеніту, діабазу тощо)	За тарувальною кривою, за величиною енергії відскоку в залежності від міцності випробовуваного матеріалу. Точність - $\pm 65\%$
4	Прилад ГПНВ-5	Міцність бетону та інших зв'язкових кам'яних матеріалів	За зусиллям виривального стрижня з тіла випробовуваного матеріалу за тарувальною кривою. Точність - $\pm 65\%$
Контроль тріщин			
5	Важільний маяк	Швидкість розкриття тріщин	Поворот стрілки відносно шкали за допомогою двох зведених шарнірів по обидва боки тріщин
6	Пластинчастий маяк	Швидкість розвитку тріщин	Зміщення двох пластин одна відносно одної, закріплених по обидва боки тріщини
Ультразвуковий метод			
7	Електронні прилади УКХ-1М, УК-14П	Міцність матеріалу; статичний модуль пружності; розміри структурних дефектів (тріщини, каверни тощо)	Міцність визначається за тарувальною кривою «міцність - швидкість поширення хвиль», «міцність - акустичний опір». Точність - $\pm 60\%$ . Наявність дефектів і габарити встановлюються за змінюванням швидкості поширення хвиль
Вимірювання освітленості			
8	Люксметри Ю-16, Ю-17, ЛІ-3	Рівень освітленості в різних місцях приміщення	Освітленість визначається за стрілочним індикаторним приладом

## продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Радіометричні методи			
9	Гамма-густиноміри	Щільність матеріалу; виявлення дефектів	Аналітично за наскрізного просвічування за значеннями реєстрованих гамма-променів, які пройшли через конструкцію, і функційною залежністю щільності від вимірюваних величин. Точність - $\pm 75\%$ . Під час однобічного випробування за тарувальною кривою залежності щільності матеріалу від кількості розсіяних гамма-променів за одиницю часу. Точність - $\pm 60\%$ Дефекти виявляються шляхом фотографування в двох або трьох площинах конструкції з обробленням і розшифруванням гамма-знімків
10	Радіометричні вологоміри	Вологість неорганічних матеріалів (не мають в хімічному складі водню)	За цифровою шкалою встановлюється вологість матеріалу
Теплофізичні методи			
11	Термощупи ТМ (А) ЦЛЕМ, тепломір	Температура на поверхні конструкції	За відхиленням стрілки тепломіра під час притиску щупа до поверхні конструкції за температури від $-5$ до $+90$ °С
12	Психрометр Ассмана	Вологість повітря біля поверхні конструкції	Підймання рідини в сухому термометрі
13	Електронний вологомір	Вологість деревини	За середнім значенням вимірювань під час притиску чутливого елемента приладу до поверхні конструкції
Магнітний метод			
14	Магнітометричні прилади ВМП (вимірювач магнітної проникності), ВПА (вимірювач параметрів амплітуди), ВНТ-М2 (вимірювач напруги й тріщин)	Розміщення арматури в кам'яних і залізобетонних конструкціях, товщина захисного шару, напружений стан арматури	За відхилення стрілки амперметра зі спеціальним градуванням фіксується розташування арматури під час переміщення по поверхні конструкцій (ВМП). Вимірювання товщини захисного шару базується на змінюванні магнітного опору датчика під час знаходження його поблизу арматурного стержня (ВПА). Точність - до 1 мм. Вимірювання напруги в металі базується на залежності магнітної проникності від величини максимальних напружень (ВНТ-М2). Точність - $\pm 2$ %.

## продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Акустичний метод			
15	Комплект для контролю звукоізолювальної здатності обгороджувальних конструкцій у складі: генератор шуму ГШ-1, підсилювач потужності УМ-50, шумомір Ш-60-І, таналізатор шуму АМ-2 МЛЮТ	Перевірка звукоізолювальної здатності конструкції	Рівні звукового тиску в приміщеннях, що розділяються, випробовується конструкцією, вимірюються аналізатором шуму Звукоізолювальна здатність визначається за перепадом рівнів
Геодезичні методи			
16	Прогиноміри Максимова, Аїстова, Лісі, Мессурі	Місцеві деформації конструкцій, зрушення і повороти у вузлах конструкцій	Деформації визначаються внаслідок переміщення рухомого стрижня приладу відносно нерухомого за їхнього щільного притискання до поверхні конструкції
17	Дротові тензометри опору	Місцеві деформації	Деформації визначаються за змінюванням опору провідників, наклеєних на поверхню конструкцій, під час їх стиснення або розтягування
18	Нівеліри НА-1 з оптичною насадкою	Вимірювання абсолютного осідання і будівель споруд	Нівелювання з постійної точки при переміщенні геодезичної рейки. Середня квадратична помилка - $\pm 1$ мм ( $\pm 0,3$ мм для івелірів із оптичною насадкою)
19	Теодоліти Т-2-010	Вимірювання абсолютних зрушень у плані	Створний метод засічки мікротри-ангуляції (виміри при постійній точці відліку з переміщенням рейки). Точність - $\pm 1 \dots 4$ мм
20	Нівелір НА-1, теодоліт 1-2, клинометри КП-2	Вимірювання кренів споруди	Здатність вимірювати горизонт-тальні кути. Точність - $\pm 5 \dots 10$ мм
Метод контролю герметичності стиків			
21	Вимірювач повітропроникності ИВС-М, адгезіометр ЛНПАКХ	Коефіцієнт повітропроникності стиків, адгезія герметика до бетону	За швидкістю повітряного потоку через стик визначається коефіцієнт повітропроникності й адгезія герметика

### **3.2 Використання технології фотограмметрії при проведенні обстеження будівель**

Фотограмметрія – наукова дисципліна, яка вивчає форми, розміри і положення об'єктів за їх фотографічними зображеннями.

Останніми роками з розвитком технологій фотограмметрії спосіб поступово впроваджується у сферу архітектури, будівництва і у коло заходів та робіт з обстеження.

У будівництві методами фотограмметрії виконують контрольні вимірювання при піднесенні будівель і споруд, а також визначають величини деформацій споруд у процесі їх експлуатації. В архітектурі фотограмметрія застосовується з метою вивчення і реставрації будівель в першу чергу тих, які мають історичне значення.

Аерофотознімання використовують додатково до традиційних методів обстеження та обмірних робіт при проведенні обстеження будівель та споруд залежно від конфігурації та ступеня складності об'єкта. Іноді методи фотограмметрії особливо актуальні і необхідні через велику площу фасаду, висотність споруди, недоступність деяких частин і елементів для звичайного візуального контролю навіть за допомогою звичайних камер і фотоапаратів. Квадрокоптер здатний вирішити ці проблеми та ретельно провести:

- візуальний метод обстеження фасаду, несучих та огорожувальних конструкцій - виявлення дефектів та пошкоджень (дефектоскопія);
- моніторинг знайдених дефектів та ушкоджень - контроль за характером та напрямком їх розвитку з часом;
- обмірні роботи високої точності по фасадах об'єктів будь-якої складності, аж до фасадів з нетиповою геометрією та різними дрібнорозмірними деталями.

Фотограмметрію можна виконувати як і на стадії будівництва об'єкта для контролю якості будівельних робіт, так і при його експлуатації для аудиту та спостереження за дефектами і пошкодженнями, що виникли, а також при виникненні необхідності реконструкції, капітального ремонту для точної оцінки поточного стану. Методом фотограмметрії архітектурні обміри можна виконувати шляхом вимірювання:

- Поодиноких знімків;
- Пари знімків.

Методом вимірювання одиночних знімків можна виконувати обміри споруд, що складаються головним чином із плоских елементів з великими формами. Залежно від заданої точності робіт, їх призначення та наявних фотограмметричних приладів, архітектурні обміри по одиночних знімках можна виконувати різними камеральними методами обробки знімків:

- фототрансформування;
- оптико-графічні;
- аналітичним;
- графічним.

Методом фототрансформування можуть бути фотоплани фасадів будівель, інтер'єру, пам'ятників у заданому масштабі. При необхідності складання планів креслення контури фотоплану викреслюються тушшю, а фотозображення відбілюється.

Оптико-графічний метод полягає в тому, що контури трансформованого зображення обводяться олівцем і відразу виходить креслярський план у заданому масштабі. Зазвичай при оптико-графічному трансформуванні використовуються одиночні проектори, що мають формат прикладної рамки 8×6 см. Тому при великих форматах знімків з них слід виготовляти зменшені діапозитиви.

Оптико-графічне трансформування можна виконувати і за допомогою фототрансформаторів. Метод оптико-графічного трансформування технологічно простіший, ніж метод трансформування, але має меншу продуктивність і створює труднощі при контролі креслень.

Аналітичний метод полягає у обчисленні координат точок з використанням формули зв'язку координат одиночного знімка та об'єкта. Знімки вимірюються на стереокомпараторах, обчислення доцільно виконувати на ЕОМ. Аналітичним методом вимірювань одиночних знімків можна визначити головним чином розміри між точками, що лежать в одній площині, що обмежує можливості методу.

Графічний метод полягає у складанні креслярського плану з використанням прийомів накреслювальної геометрії та властивостей зображення у центральній проекції. Графічний метод має меншу точність, ніж інші, і малопродуктивний.

Методом вимірювання пари знімків можна визначати розміри між будь-якими точками споруди, розташованими у різних площинах. Цей метод має найбільші змоги виконання архітектурних обмірів. Необхідною умовою цього є наявність знімків, отриманих з різних точок. Знімки можуть бути отримані одним або різними фотоапаратами. Знімки можуть становити стереопару (тобто за знімками можна спостерігати стереоефект), і можна використовувати пару знімків, за якими не можна отримати стереоефект (зазвичай архівні знімки).

Пара знімків може оброблятися методами:

- універсальним;
- аналітичним.

При обробці знімків універсальним методом необхідно мати знімки, що становлять стереопару та підсвчені одним фототеодолітом. Знімки стереопари

обробляються (вимірюються) на універсальних приладах: стереопроєкторі, стереографі, стереоавтографі та ін.

При використанні приладів, у яких фокусна відстань проєктуючих камер встановлюється незалежно один від одного (стереограф, стереоавтограф та ін), можна використовувати стереопару знімків, отриманих різними фотокамерами.

Внаслідок обробки знімків на універсальних приладах виходить креслярський план фасаду споруди в заданому масштабі. На універсальних приладах можна визначати координати точок, відстані між точками, висоту конструктивних елементів споруди. Такий метод визначення розмірів отримав назву аналого-аналітичного.

Універсальний метод має найбільші змоги архітектурних обмірів.

При аналітичному методі знімки вимірюються на стереокомпараторах чи монокомпараторах. Знімки можуть становити стереопару, і можуть використовуватися знімки, якими не можна отримати стереоефект, але такі знімки повинні мати перекриття, тобто. ними мають бути зображені загальні деталі споруди.

Аналітичний метод ґрунтується на використанні математичних залежностей між координатами пари знімків та об'єкта.

Внаслідок аполітичної обробки виходить цифрова модель споруди (координати  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  окремих точок), користуючись якою можна визначити розміри між будь-якими точками, скласти графічний план. Найбільш зручно складати плани креслення з використанням автоматичних координатографів і графопобудівників.

Архітектурні обміри можуть виконуватися комбінованими методами, коли використовуються різні методи, наприклад метод фототрансформування і аналітичний і т.д.



Крім цього, у ряді випадків виникає необхідність зйомки невидимих деталей («мертвих місць») шляхом натурних вимірювань або використання малоформатних камер [18].



Рисунок 3.1 – Квадрокоптер - сучасний прилад для фотограметричного методу

### **3.3 Метод лазерного сканування як один із сучасних методів обстеження житлових багатоквартирних будинків.**

Обстеження будівель є важливою частиною комплексу робіт з оцінки їх технічного стану, в результаті якого повинні бути встановлені дійсна несуча здатність і експлуатаційна придатність будівельних конструкцій і підстав, а

також розглянуті варіанти змін конструктивно-планувальних рішень і способи можливого посилення несучих конструкцій.

Використання лазерного сканера при реставраційних роботах дозволяє отримувати точні копії архітектурних особливостей будівлі або приміщення, включаючи всі декоративні елементи - ліпнину, барельєфи, русти і інше. Якщо мова йде про збереження первинного зовнішнього вигляду будівлі, важливо «запам'ятати» стан і форму конструкцій до початку робіт, щоб повністю відтворити всі геометричні особливості.

При обробці або реставрації приміщень лазерне сканування дозволяє отримати вичерпну інформацію про об'єкт - геометрію стін, підлоги і стелі, кути між стінами, розташування перекриттів і комунікацій, віконних і дверних прорізів.

Метод лазерного сканування полягає в дистанційному зборі просторової інформації за допомогою спеціалізованих приладів - лазерних скануючих систем, що дозволяють створити цифрову модель об'єкта, представивши його гігантським набором точок (від сотень тисяч до декількох мільйонів), що мають просторові координати з точністю в кілька міліметрів.

Сукупність отриманих точок, іменована «хмарою точок», може бути використана для тривимірного моделювання поверхонь та елементів конструкцій або для різних просторових вимірів (відстані, величини деформацій та ін.).

Щільність розташування точок на об'єкті характеризується величинами від часток міліметра до декількох сантиметрів і може бути задана в залежності від необхідних результатів. Це може бути саме хмара точок, неправильна поверхню (TIN), набір перетинів, план, складна 3D-модель або просто набір вимірювань (довжини, периметри, діаметри, площі, об'єми). Але в цілому обробка складається з декількох основних етапів:

Вимірювання. Для виконання сканування лазерний сканер встановлюють на стандартний геодезичний штатив. Керування приладом і передача отриманих даних проводиться за допомогою переносного персонального комп'ютера. Сканування проводиться послідовно з різних місць.

Принцип роботи лазерного сканера полягає в вимірі часу проходження лазерного променя від випромінювача до поверхні, що відбиває і назад до приймача. Шляхом ділення цього часу на швидкість проходження лазерного променя визначається відстань до об'єкта, що в кінцевому підсумку дає можливість обчислити координати. Вимірювання відбуваються зі швидкістю до декількох тисяч точок в секунду. Кути в даному випадку не вимірюються, а задаються поворотом дзеркала (або скануючої головки), одночасно реєструючись запам'ятовуючим пристроєм. Обертається призма (або дзеркало) розподіляє пучок по вертикалі з наперед заданим кроком (наприклад,  $0.1^\circ$ ). При максимальному вертикальному вугіллі сканування  $140^\circ$  число точок в окремо взятому вертикальному скане буде, відповідно, 1400. Повний оборот сканера складається з 3600 окремих вертикальних площин. Таким чином, повна цифрова картина простору буде представлена у вигляді набору 5040000 точок за 30 хвилин.

«Зшивання» сканів. Після того, як будуть проведені вимірювання, починається процес обробки. Спочатку «сирі вимірювання» представляють собою описує геометрію будівлі набір («хмара») точок, отриманий з виконаних з різних місць установки приладу сканів, які необхідно представити у вигляді креслень і схем в CAD форматі.

Скани повинні поєднуватися між собою за характерними точкам, що потрапили в зону, необхідну для поєднання сканів і складову 15-20%. Для створення єдиного скана необхідно провести об'єднання («зшивання») цих сканів

таким чином, щоб утворилася замкнута структура з сканів - каркас моделі (єдина точкова модель) (Рис. 3.3).



Рисунок 3.3 - Єдина точкова модель

Існує безліч методів зшивання сканів, з різним ступенем автоматизації. Часто використовується метод поєднання сканів по опорних точках, які відображаються на суміжних сканах. В якості таких точок можуть бути використані спеціальні призми, світловідбиваючі пластини або наклейки, які мають більш високий коефіцієнт відбиття і тому цілком однозначно визначаються.

Трансформування координат. Для трансформації даних сканування (точкової моделі) в задану систему координат виробляється прив'язка до пунктів геодезичної мережі, на об'єкті повинні бути розташовані мінімум три точки з відомими координатами, що забезпечують максимальний огляд елементів

конструкції. Такі точки називаються опорними. Опорні точки не повинні лежати в одній площині.

Для точного уявлення майбутнього креслення або схеми необхідно завдання певної єдиної системи координат. Для зв'язку координат об'єкту, отриманих з різних сканів, необхідно визначити в єдиній системі координат центр сканування для кожного випадку (наприклад, за допомогою електронного тахеометра) і трансформувати всі отримані координати в єдину систему.

Створення поверхонь. Найбільш складний і самий основний процес обробки - вистава «хмар» точок математично описуваними поверхнями. Математичний апарат прикладного програмного забезпечення дозволяє створювати найпростіші правильні (площину, сфера, циліндр і ін.) Математичні поверхні, або створити поверхню триангуляційним методом (TIN-поверхня).

Створені таким чином поверхні цілком представимо в стандартних форматах DXF, IGES, VRML, SAT, STL, DGN і, відповідно, можуть бути експортовані в будь-які CAD і 3D-додатки.

Якщо сканування супроводжується цифровою відео- або фотознімання, то на етапі обробки можна поєднати відскановане зображення об'єкта з його відеозображенням, надавши скану реальні кольори і текстуру.

Поєднавши внутрішню зйомку з зовнішньої і побудувавши по хмарі точок нерегулярну мережу, можна отримати єдину цифрову тривимірну модель будівлі, трансформовану в задану систему координат, з інформацією про товщину стін, відхилення від площини, вертикалі і горизонталі.

Отриманий об'єкт редагується і зберігається в форматі, необхідному для подальшої роботи або застосування моделі, по якій можна проводити різні виміри, будувати перетину, розраховувати кількість будівельних матеріалів для реставрації та реконструкції.

Дані, отримані в результаті лазерного сканування, можуть бути оброблені за допомогою функціональних можливостей AutoCAD з використанням різного програмного забезпечення [2].

## **4 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ 3D МОДЕЛІ БУДИНКУ**

### **4.1 Теоретичні основи застосування приладу лазерного сканування**

Ефективним і доцільним у сучасних умовах при проведенні обстеження будинку є використання методу лазерного сканування. Наземний лазерний сканер - це знімальна система, що вимірює з високою швидкістю (від кількох тисяч до мільйона точок в секунду) відстані від сканера до поверхні об'єкта і реєструє відповідні напрямки (вертикальні та горизонтальні кути) з подальшим формуванням тривимірного зображення (скана) у вигляді хмари точок. Лазерне сканування є найбільш оперативним та високопродуктивним засобом отримання точної та найповнішої інформації про просторовий об'єкт.

Лазерне сканування об'єкту забезпечує можливість подальшої продуктивної роботи поза об'єкту з 3D-моделлю, що дозволяє знову і знову повертатися на об'єкт.. Особливо актуально лазерне сканування використовувати при огляді прибудинкових територій та будівель.

В даний час існують різні види приладів, що здійснюють лазерне 3D-сканування: RIEGL LMS-Q1560 RIEGL LMS-Q780 RIEGL VZ-6000 RIEGL VMX-250 leica HDS8800 (Рис. 4.1) та інші. Вони дозволяють проводити як наземне, так повітряне сканування місцевості.



Рисунок 4.1 - Прилади для лазерного 3D-сканування.

По-перше, у технології повністю реалізовано принцип дистанційного зондування, що дозволяє збирати інформацію про об'єкт, що досліджується, перебуваючи на відстані від нього.

По-друге, за повнотою і детальністю одержуваної інформації з лазерним скануванням не може зрівнятися жоден із раніше реалізованих методів.

По-третє, лазерне сканування відрізняється високою швидкістю, що дозволяє оптимізувати огляд об'єкту.

Лазерне сканування здійснюється за допомогою лазерних сканерів - приладів, які виконують вимірювання за допомогою лазерного випромінювання. В результаті вимірювання відстаней та кутів до точок лазерних відбитків обчислюються просторові координати цих точок. Сканер виконує вимірювання з дуже високою частотою (до кількох сотень тисяч вимірів на секунду), у результаті виходить великий обсяг координатних даних. Надалі ці дані використовуються для побудови просторових цифрових моделей об'єктів, що вимірюються.

Все керування роботою приладу здійснюється за допомогою портативного комп'ютера з набором програм або панелі керування, вбудованої в сканер. Отримані координати точок зі сканера передаються на комп'ютер і накопичуються у базі даних комп'ютера чи самого сканера. Сканер має певну



область огляду або іншими словами поле зору. Попереднє наведення сканера на досліджувані об'єкти відбувається за допомогою вбудованої цифрової фотокамери, або за результатами попереднього розрідженого сканування. Зображення, що отримується цифровою камерою, передається на екран комп'ютера, і особа, яка проводить огляд, здійснює візуальний контроль орієнтування приладу, виділяючи необхідну область сканування.

Об'єктивно, технологія 3D-сканування потребує певного оснащення робочого місця спеціаліста: потужного комп'ютера та ліцензійного програмного забезпечення. У зв'язку з цим вона вважається досить дорогою. Однак сама технологія лазерного сканування відкриває цілу низку нових, раніше недоступних можливостей. Тривимірні моделі об'єктів можна швидко пересувати, масштабувати і обертати. Є можливість віртуального перегляду зображення із записом у стандартний мультимедійний файл для подальшої демонстрації, наприклад при плануванні реконструкції будівлі [16].

При цьому 3D-сканування об'єкту зберігає повну геометричну відповідність форм і розмірів реального об'єкта. Це забезпечує можливість проведення вимірювань реальних відстаней між будь-якими точками чи елементами моделі. Важливою обставиною це представляється при складанні виконавчих схем, визначення прогинів конструкцій, їх відхилень від проектного положення.

При виконанні робіт було використано лазерний сканер Leica ScanStation P40 (Рис 4.2).

ScanStation P50/P40/P30 має такі характеристики:

- Компактний
- Імпульсний високошвидкісний лазерний сканер з двоосьовим компенсатором нахилу
- Геодезичного класу точності

- Великим діапазоном вимірювання відстаней та широким полем зору
- Вбудована камера високої роздільної здатності
- Вбудований лазерний центрир
- Вбудований електронний та зовнішній круглий рівень[4].



Рисунок 4.2 - Лазерний сканер Leica ScanStation P40

Основні технічні параметри лазерного сканеру перелічені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Параметри лазерного сканеру

Параметри	Значення
Класифікація	Клас лазеру 1
Мінімальна відстань	0,4 м
Максимальна відстань	270 м
Кутова точність	8°
Точність виміру відстані	1,2 мм
3D положення	3 мм
Точність моделювання поверхні	0,5 мм на 50 м
Освітленність	Працює у абсолютній темряві та при яскравому світлі

Компоненти лазерного сканеру зображені на рисунку 4.3.

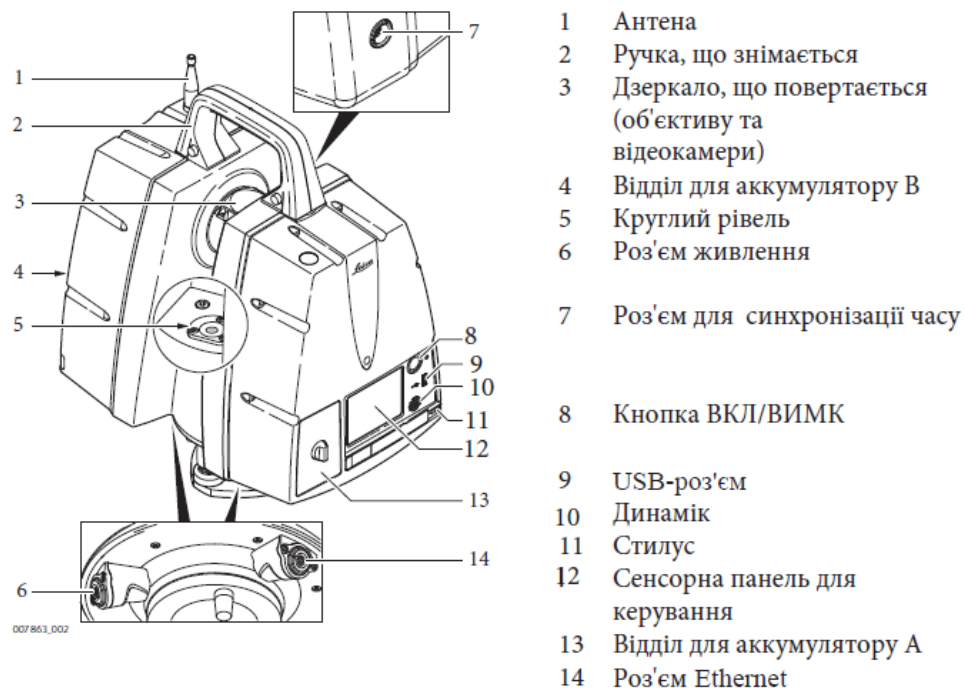


Рисунок 4.3 - Компоненти лазерного сканеру

Перед початком робіт було проведено детальне вивчення проектної документації об'єкта. Дослідження території, визначення геодезичної основи з прив'язкою до Державної геодезичної мережі.

Для прив'язки майбутньої трьохвимірної моделі будівлі до просторових даних закладеної на об'єкті геодезичної системи було використано супутниковий GNNS-приймач.

Для супутникових вимірювань використовувався двочастотний приймач GNNS Topcon HiperSR. Застосовувався режим відносних супутникових спостережень, спосіб RTK (Real Time Kinematic).

Далі починається процес знімання. При скануванні внутрішнього планування будівель прилад не може охопити усю територію з однієї станції. У зв'язку з цим головною задачею на даному етапі проведення польових робіт є

охоплення з найменшою похибкою якомога більшої території. Для цього необхідно прокласти хід сканеру таким чином, щоб прилад мав змогу зняти усі недоступні точки з попередньої станції, але при цьому залишився в той самій системі координат. Тобто шляхом вибору правильних станцій необхідно домогтись найменшої кількості пустот у майбутній моделі будівлі. Сам прилад достатньо автономний, тому користувачу, після задання необхідних налаштувань, необхідно тільки чекати доки прилад виконає знімання, перейти до наступної станції та повторити процедуру. Головна задача користувача при цьому - правильно зв'язати станції після центрування.

Етапи виконання робіт можна розділити наступним чином:

Складаємо план дій. З урахуванням планування та ситуації прокладаємо хід, тобто визначаємо точки стояння сканера. Складаємо абрис журнал.

Встановлюємо апаратуру. Центруємо її, визначаємо координати та задаємо налаштування такі як: кут у межах якого відбуватиметься сканування місцевості та точність. Залежно від точності буде зависити те, як довго обладнання зніматиме цю територію.

Наслідуючи побудований маршрут встановлюють прилад на кожну з необхідних проектних точок, і в кожній точці повторюють пункт 2 за винятком визначення координат. Координати (включаючи висоту) наступної точки прилад обчислює сам, але для цього треба правильно пов'язати цю точку із попередньою. Пов'язують точки один між одним за допомогою спеціальних заздалегідь встановлених маркерів, або способом прокладання теодолитного ходу.

Маркери - це спеціальні відбивні поверхні невеликих розмірів, що або приклеюються на похилий або вертикальну поверхню, або встановлюються на горизонтальну. Головне, щоб маркери залишалися незмінними у своєму розташуванні. Для правильного визначення координат, а потім збереження обладнання у тій самій системі відліку слід орієнтуватися на заздалегідь

встановлені маркерами. Ці маркери служать як прив'язка до цієї території. Тобто це точки щодо яких прилад і визначатиме своє місце розташування. Залежно від типу сканера, або по камері, що знаходиться в ньому, або по отриманому скануванню місцевості і потрібно наводитись на маркери (на маркери наводиться потрібно самому).

Після такої зйомки всі дані зберігаються на комп'ютері сканера. Далі потрібно обробити ці дані, в результаті чого у нас вийде точний тривимірний план (наскільки точний залежить від налаштувань та обладнання) рельєфу та ситуації цієї території. Незважаючи на те, що сканер обробляє дані за допомогою бортового комп'ютера в польових умовах, все ж таки бажано, а залежно від моделі сканера може бути і обов'язково обробити видану хмару точок. Існують спеціальні програми для обробки даних зі сканера, зазвичай це роблять за допомогою досить універсальної програми Autocad, але є та спеціальні вузько спеціалізовані програми, що розробляються або виробниками сканерів, або університетами, наприклад, програма Credo.

При зйомці для зменшення похибок потрібно враховувати і виключати по можливості фактори, що негативно впливають на процес сканування. Це:

- Вібрації. Вібрації вносять систематичні помилки у виміри. Для зменшення впливу вібрації на сканування можна використовувати амортизуючі пристрої.
- Запиленість. Запиленість вводить в оману прилад. За високої щільності пилу, НЛС може прийняти потік пилу за точку.
- Блискучі поверхні. Блискучі поверхні ускладнюють прийняття сигналу, внаслідок чого з'являється помилка у вимірі відстані.

Для того щоб зняти об'єкт повністю, його необхідно відсканувати зі всіх сторін. Після об'єднання усіх «хмар точок» в єдиний геометричний простір виходить єдиний опис об'єкта зйомки. Цей процес називається реєстрацією.

Далі відбувається обробка сканів з метою створення єдиного скану для повного покриття знятої поверхні. Потрібно відзначити, що для створення єдиного скану («зшивки») використовується метод сумісництва сканів по опорних точках, які відображаються на суміжних сканах.

За принципом дії лазерні сканери поділяють на імпульсні, фазові та триангуляційні. Імпульсні сканери розраховують відстань як функцію часу проходження лазерного променя до вимірюваного об'єкта і назад. Фазові оперують із зсувом фаз лазерного випромінювання. В триангуляційних 3D-сканерах приймач і випромінювач рознесені на певну відстань, яка використовується для розв'язку задачі трикутник-випромінювач-об'єкт-приймач.

Основні параметри лазерного сканера - дальність, точність, швидкість, кут огляду. За дальністю дії і точності вимірів 3D-сканери поділяються на:

- високоточні (похибка менше міліметра, дальність від дециметра до 2-3 метрів);
- середнього радіуса дії (похибка до декількох міліметрів, дальність до 100 м);
- дальнього радіуса дії (дальність сотні метрів, похибка від міліметрів до декількох сантиметрів);
- маркшейдерські (похибка доходить до дециметрів, дальність понад кілометр).

Останні три класи за здатністю розв'язувати різні типи задач відносять до розряду геодезичних 3D-сканерів, які використовуються для виконання робіт по лазерному скануванню в архітектурі і промисловості.

Швидкість дії лазерних сканерів визначається типом вимірів. Як правило, найбільш швидкісні фазові, на певних режимах швидкість яких досягає 1 млн

вимірів за секунду і навіть більше, імпульсні трохи повільніші, такі прилади оперують зі швидкостями в сотні тисяч точок за секунду.

Кут огляду - ще один важливий параметр, який визначає кількість даних, що збираються з однієї точки стоянки, зручність і кінцеву швидкість роботи. На сьогодні всі геодезичні лазерні сканери мають горизонтальний кут огляду в  $360^\circ$ , вертикальні кути варіюються від  $40-60^\circ$  до  $300^\circ$ .

Переваги застосування сканера:

- висока швидкість сканування поверхні, що лежить в діапазоні від 5 000 до 1 000 000 вимірів за секунду;

- безконтактність з об'єктом досліджень, який може бути важкодоступним для людини (встановлення відбивної призми, рейки, як у разі тахеометричного знімання), висока щільність точок на поверхні об'єкта (тисячі або сотні тисяч точок).

Набір відсканованих точок залежить від кроку сканування у вертикальній площині, кроку повороту гідроприводу у горизонтальній площині та кутів поля зору сканера.

Після польових робіт настає камеральне опрацювання отриманих даних. Опрацювання залежить від того результату, який хочемо мати: або просторові координати всіх виміряних точок (існує такий термін, як «хмара точок лазерного віддзеркалення»). Технологія камерального оброблення «хмари точок» складається з декількох основних етапів, які логічно впливають з геометрії формування лазерного набору точок.

Об'єднання (зшивання) окремих сканів. Лазерний промінь падає на об'єкт не у вигляді точки, а у вигляді плями невеликих розмірів.

Наприклад, лазер системи на віддалі 50 м дає пляму діаметром 6 мм. Саме це спотворює відбитий сигнал, який реєструється приймачем як два або й більше сигналів. Тому такі точки не реєструються безпосередньо, а моделюються з

«хмари точок». З цих причин виникає потреба об'єднання окремих сканів з тим, щоб отримати єдиний образ об'єкта. Об'єднання сканів здійснюється різноманітними прийомами, але майже завжди використовують такі точки окремих сканів, які розпізнаються безпомилково на сусідніх сканах.

Трансформування координат. Увесь набір точок повинен бути зафіксований в єдиній просторовій системі координат. Ця задача з погляду аналітичної геометрії збігається із задачею «поворот простору». Тут теж існує декілька варіантів: можна об'єднувати сусідні скани за опорними точками, а можна об'єднувати за відомими лінійними та кутовими елементами орієнтування сканера.

Створення поверхонь. Весь масив («хмара точок») повинен бути поданий поверхнями, що математично описуються. Це потрібно для того, щоб можна було надалі використовувати дані в САД-системах або ж при 3D-моделюванні. На точність отримання координат сканерними системами впливають:

- точність визначення віддалі;
- характеристика розрізненності;
- граничні ефекти (розмитість сигналів);
- відбивна здатність поверхонь;
- фізичний стан середовища, в якому поширюється лазерний промінь.

При зйомці для зменшення похибок потрібно враховувати і виключати по можливості фактори, що негативно впливають на процес сканування. Це:

- Вібрації. Вібрації вносять систематичні помилки у виміри. Для зменшення впливу вібрації на сканування можна використовувати амортизуючі пристрої.
- Запиленість. Запиленість вводить в оману прилад. За високої щільності пилу, НЛС може прийняти потік пилу за точку [16].
- Блискучі поверхні. Блискучі поверхні ускладнюють прийняття сигналу, внаслідок чого з'являється помилка у вимірі відстані.



Після виконання польових робіт переходять до камеральної обробки отриманих даних.

При виконанні камеральних робіт на даному об'єкті була використана програма Autodesk AutoCAD 2020.

Отримана хмара точок має формат даних .gcp.

#### **4.2 Використання технології лазерного сканування при обстеженні будинку на відповідність проектному положенню**

На об'єкті «Будівництво дев'ятиповерхового житлового будинку у Запорізькій області» було використано метод лазерного сканування при обстеженні будинку на відповідність проектному положенню. Технічне завдання на виконання робіт представлено у таблиці 4.2. Види та об'єми робіт перелічені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.2 – Технічне завдання на виконання робіт

№ п/п	Список основних даних та вимог	Зміст
1	2	3
1	Підстава для виконання робіт	Договор № 25 від «25» вересня 2020р.
2	Замовник	
3	Виконавець	
4	Об'єкт, місцезнаходження, склад, площа об'єкту	Дев'ятиповерховий житловий будинок, розташований у Запорізькій області площею 5 445 м.кв.
5	Мета та призначення робіт	Для проектувальних робіт
6	Система координат	Державна геодезична мережа
7	Система висот	Балтійська

## продовження таблиці 4.2

1	2	3
8	Склад робіт	1 етап: роботи по зніманню об'єкту методом тривимірного лазерного сканування лазерним сканером, що використовує імпульсний дальномір; 2 етап: роботи по обробці даних лазерного сканування – побудова високоточної тривимірної (3D) моделі (хмара точок) об'єкту 3 етап: складання виконавчих схем та звіту про відповідність конструкцій будівлі проектному положенню
9	Вимоги до виконання робіт та розробці електронної документації	Згідно діючим ДБН та ДСТУ
10	Електронний формат результату робіт Требуемый электронный формат результата работ	Хмара точок - *.rcp Виконавчі схеми - *.pdf Звіт - *.doc
11	Термін виконання робіт	1 етап: три робочі дні з моменту оплати послуг. 2 етап: один робочий день після закінчення 1 етапу робіт. 3 етап: дванадцять робочих днів після закінчення 1 етапу робіт
12	Матеріали, що передаються Замовнику, та форма їх передачі Замовнику	Хмара точок в форматі *.rcp; Обмірні креслення в форматі *.dwg, *.pdf ; Звіт в форматі *.doc

Таблиця 4.3 - Види та об'єми виконаних робіт

№	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єм робіт
1	Обробка вихідних даних	-	-
Польові роботи			
2	Рекогносцировка, закладка та визначення геодезичної мережі з точністю знімального обґрунтування, з використанням супутникових геодезичних систем	пункт	3
3	Лазерне сканування	м <sup>3</sup>	15248
Камеральні роботи			
4	Обробка отриманих даних	м <sup>3</sup>	15248
5	Оформлення планів поверхів із зазначенням усіх відхилень від проектного положення	поверх	9
6	Складання звіту	шт.	1

Після виконання польових робіт переходять до камеральної обробки отриманих даних.

При виконанні камеральних робіт на даному об'єкті була використана програма Autodesk AutoCAD 2020.

Отримана хмара точок має формат даних .rcp. Для того щоб відкрити нашу модель у програмі використовуємо наступні команди:

«Облакоточеквставить», далі обираємо наш файл на комп'ютері, (Рис. 4.3) необхідно зауважити, що після підгруження хмари точок в програму, змінювати її місце положення на комп'ютері не бажано.

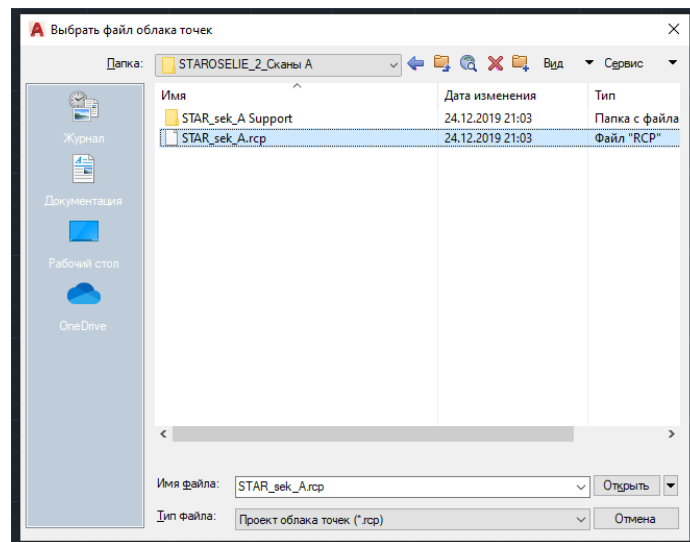


Рисунок 4.3 - Файл хмари точок

Після того як обрали файл, відкриється вікно параметрів для вставки хмари точок. Для того щоб дані були вставлені у вірному масштабі та правильній системі координат обираємо параметри, як вказано на рисунку 4.4.

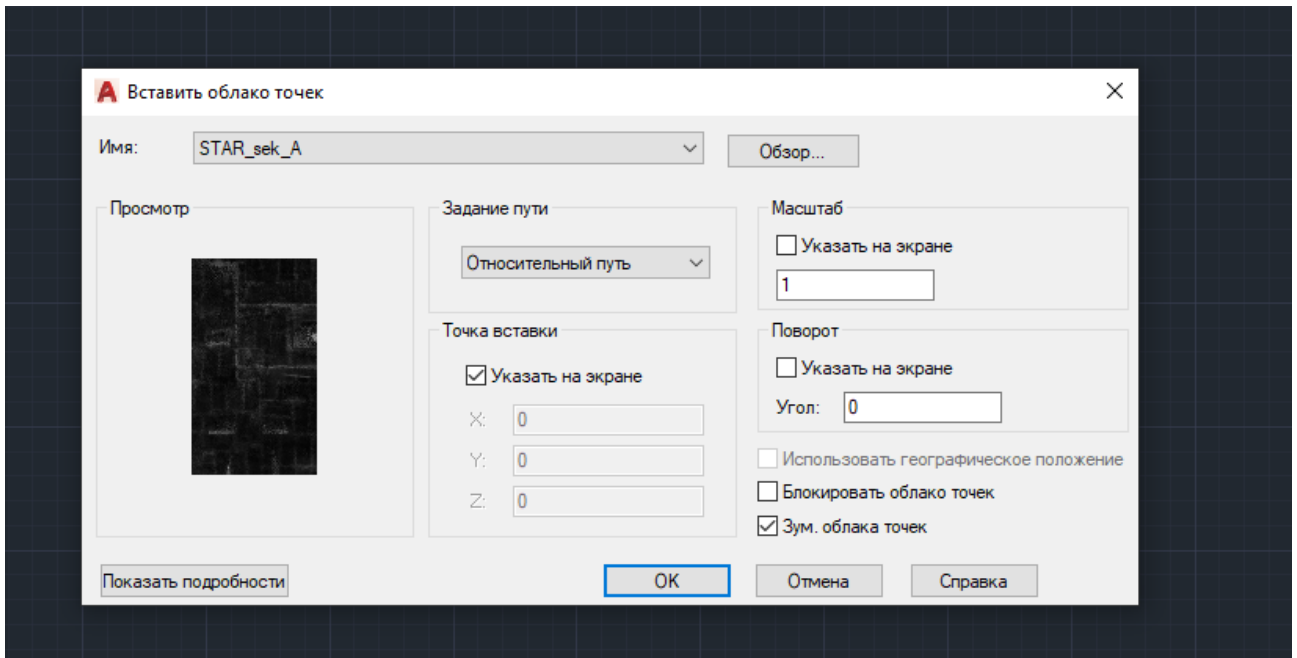


Рисунок 4.4 - Налаштування хмари точок

Далі на екрані буде згенеровано точкову модель будівлі (Рис. 4.5).

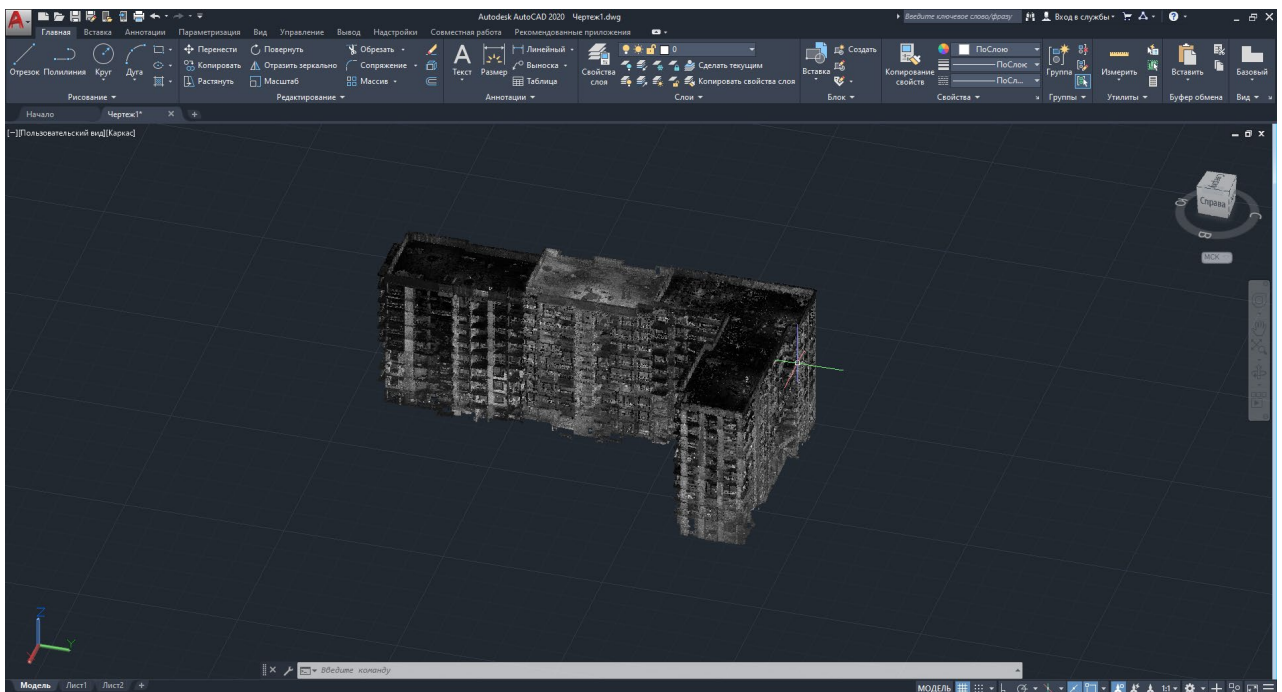


Рисунок 4.5 - Точкова 3D модель будинку

Для зменшення навантаження на комп'ютер рекомендується розділити модель на декілька частин. Таким чином буде зменшено об'єм даних необхідних для генерації на екрані користувача, що прискорить завантаження точок, покращить детальність зображення та прискорить обробку даних користувачем в цілому.

Проводимо попередній огляд моделі, перевіряємо її цілісність, коректність відображення. На моделі може бути присутній, так названий, шум. Це точки, які при лазерному скануванні були не вірно відбиті через наявність пилу або перешкод на шляху до поверхні.

При виділенні нашої хмари точок, відкривається панель інструментів, яка має назву «Облако точок». З її допомогою можна змінювати візуальний вид об'єкту, що допоможе користувачу при обробці даних. Зокрема, можна налаштовувати кольорове відображення. Це допомагає краще розрізнити конструкції та їх поверхні (Рис. 4.6).

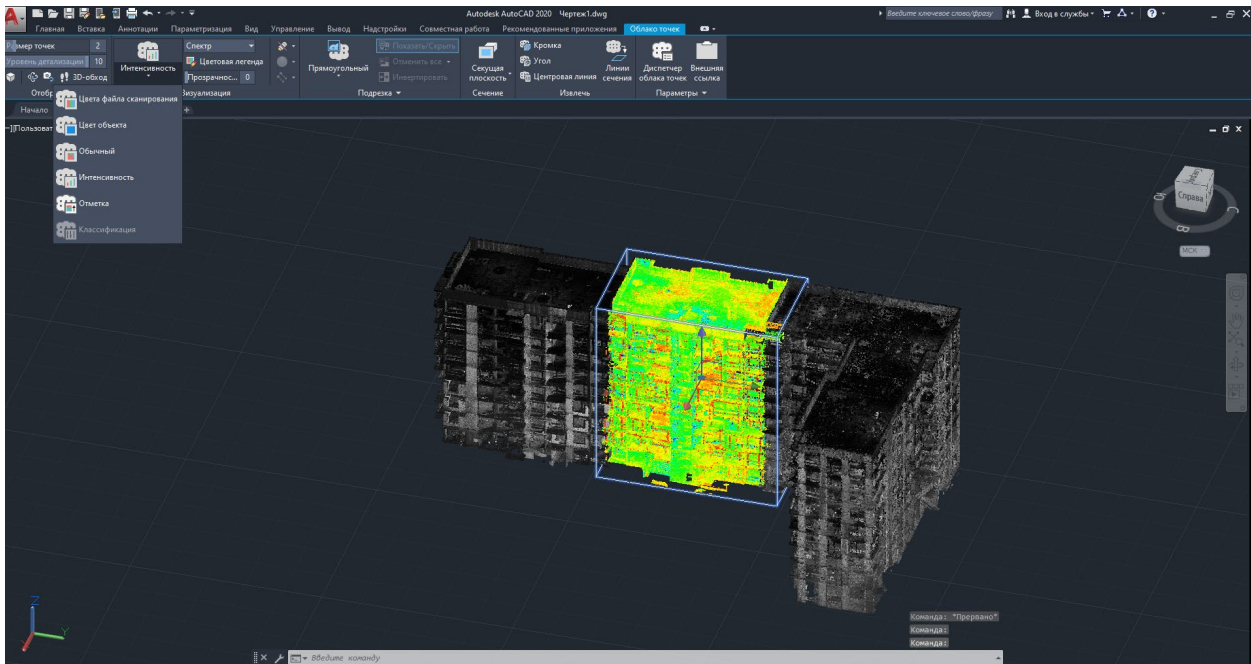


Рисунок 4.6 - Візуалізація хмари точок

Для проведення детального огляду будівлі необхідно обрізати нашу модель до розглядаємої частини.

За допомогою команди «Подрезка» виділяємо частину будівлі та отримуємо наступне зображення (Рис. 4.7).

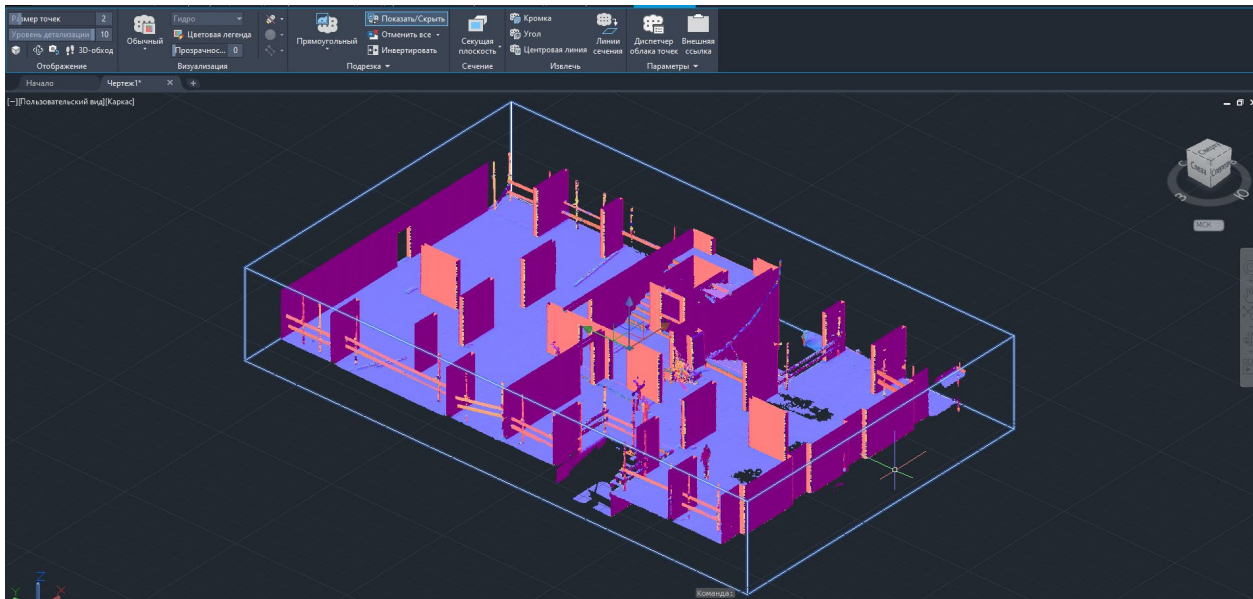


Рисунок 4.7 - 3D модель поверху житлового будинку

Для дослідження на відповідність проектному положенню відкриємо проектний план. Сумістивши точкову модель та проектні плани ми маємо змогу наочно побачити наскільки фактичне положення верикальних конструкцій відрізняється від проектних (Рис. 4.8).



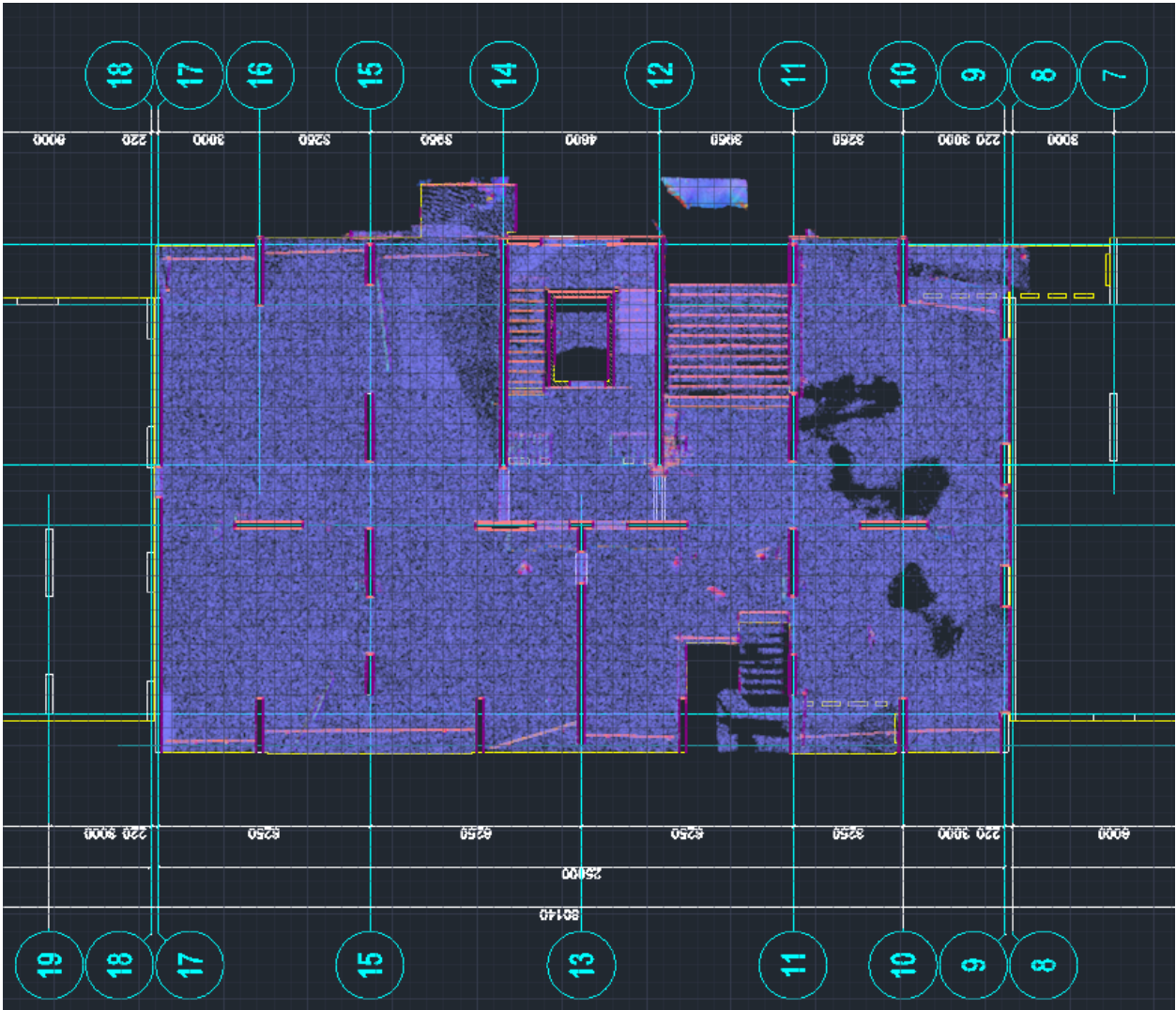


Рисунок 4.8 - Суміщення проекту та 3D моделі

Для наочності на рисунку ми можемо побачити, наскільки фактичне положення стіни відхилилось від проектного. Синім кольором виділено проектне положення, а червоним - фактичне. Відстань між проектним положенням та фактичним називається відхиленням (Рис. 4.9).

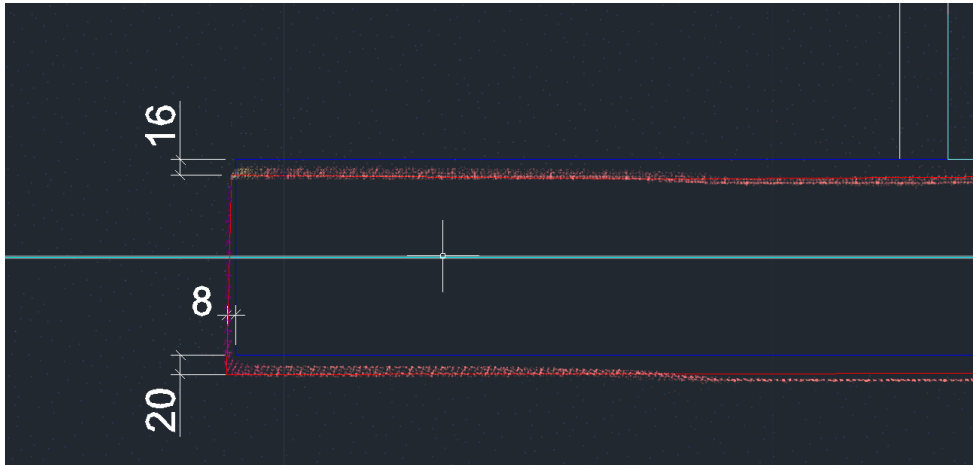


Рисунок 4.9 - Відхилення конструкції від проектного положення у плані.

Для вертикальних конструкцій важливим є визначення їх відхилень по висоті. Тобто порівняння положення знизу конструкції та зверху. Таким чином можна визначити вертикальність конструкцій, а також усієї будівлі в цілому.

Для визначення вертикальності конструкції робимо підрізку по одній площині з фронтального виду. Набиваємо точки зверху та знизу стіни. А потім, зробивши вид зверху ми побачимо різницю між верхнім положенням та нижнім. (Рис. 4.10)

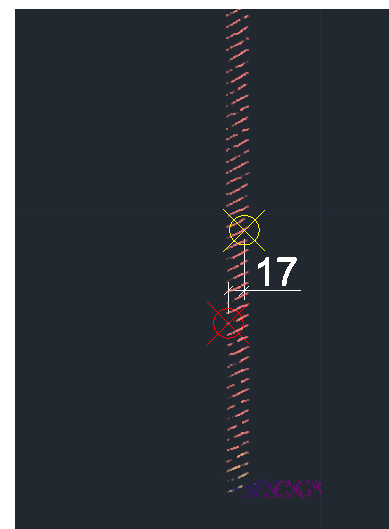
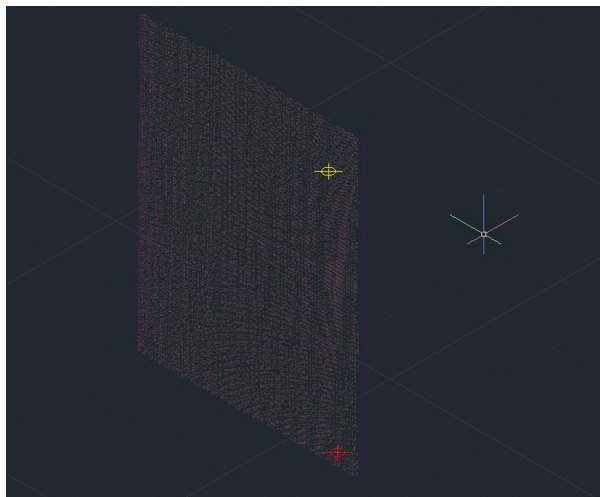


Рисунок 4.10 - Перевірка на вертикальність конструкції



Таким чином ми маємо змогу контролювати відхилення по всій будівлі. Провівши повний аналіз можна встановити місце та причини відхилень.

Щоб встановити фактичного положення горизонтальних конструкцій використовуємо проектні відмітки висоти.

Як зображено на рисунку робимо підрізку по плиті перекриття другого поверху. В результаті отримуємо наступне зображення (Рис. 4.11).

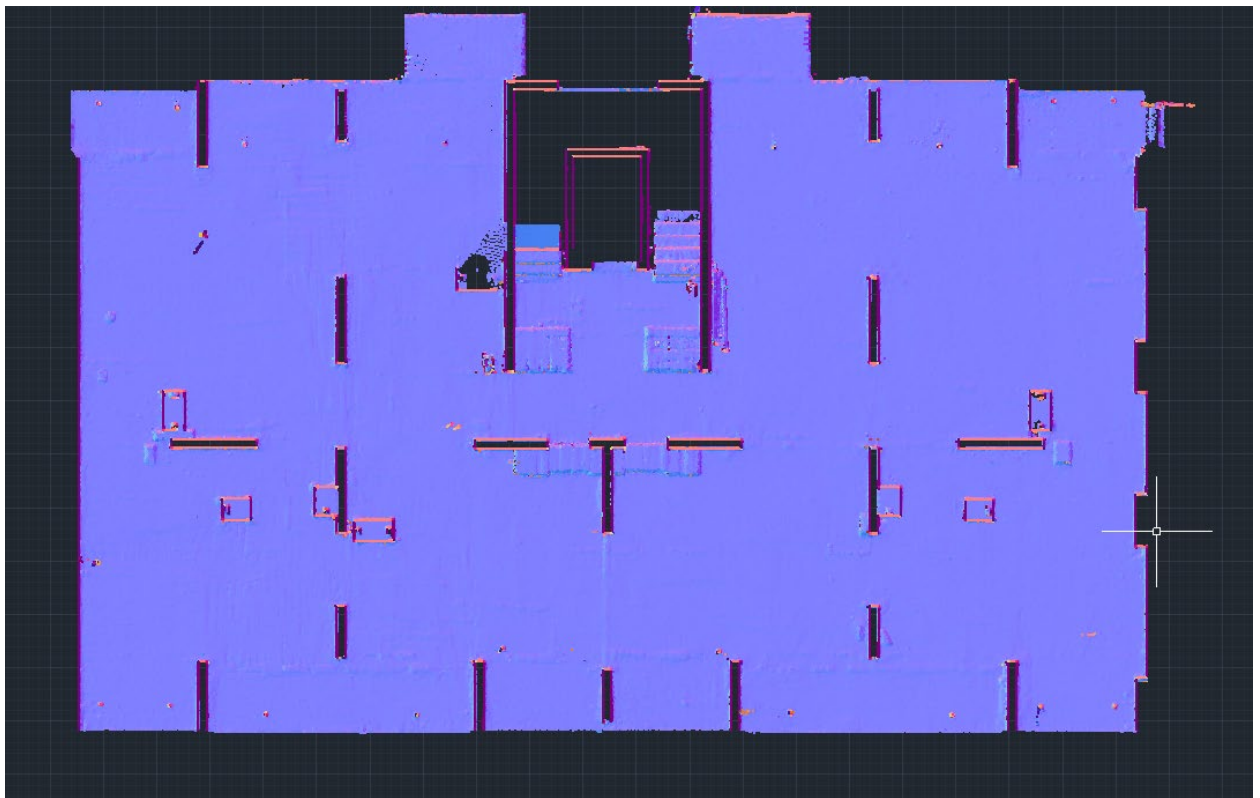


Рисунок 4.11 - 3D модель плити перекриття

В результаті набивання точок по плиті перекриття з необхідною щільністю ми матимемо уявлення про її горизонтальність, місця прогину, вигину, та нерівності поверхні, що допоможе в майбутньому скоригувати фактичне положення до проектного. Порівнявши фактичне та проектне положення ми отримаємо значення відхилення поверхні плити (Рис. 4.12).

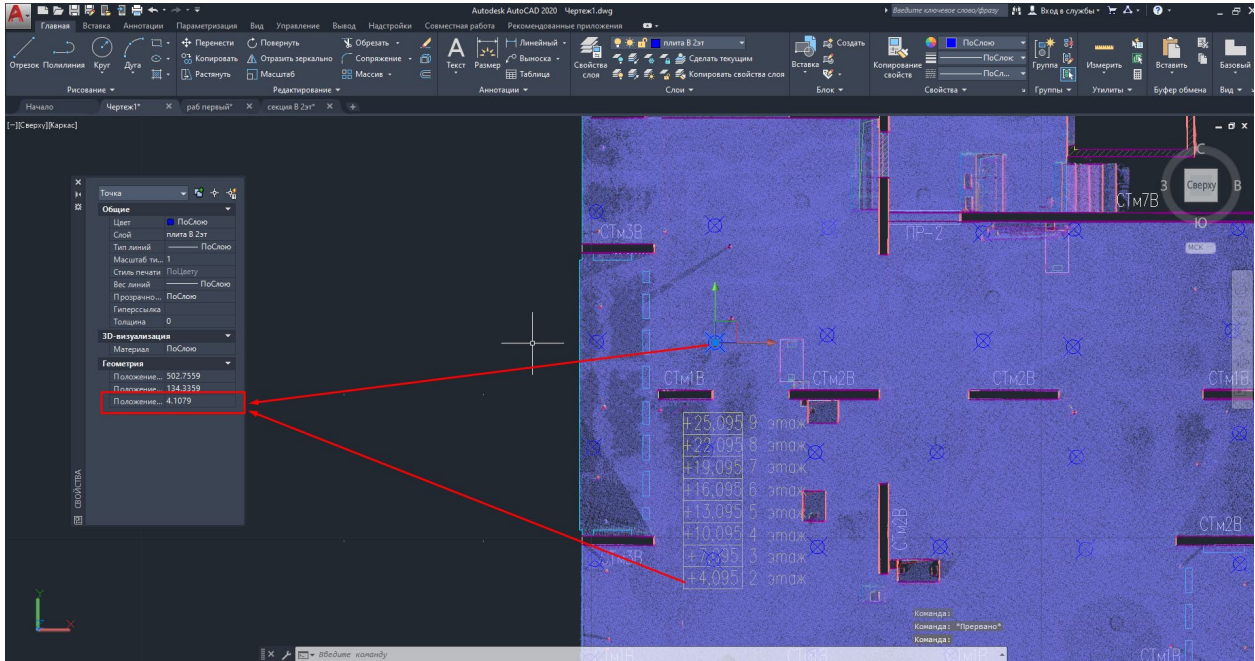


Рисунок 4.12 - Відхилення конструкції по висоті

В результаті проведених робіт було складено таблицю.

В ході аналізу відхилень було отримано дані про стан конструкцій. 70 % конструкцій не перевищують гранично допустимі норми відхилень. Конструкції, відхилення яких більше норми відображені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Відхилення від проектного положення

Секція	Поверх	Параметр отклонения в осях		Кількість елементів	Площа
		Відхилення від вертикалі та проектного положення	Відхилення від прямолінійності		
1	2	3	4	6	
А	підвал	1-2/Г; 1-2/И; 8/Б-В	5/Е-И;	4	37,8+18,9+12,9+15,3
	1	1-2/И; 1-2/Г	6/В	3	12,7+12,7+6,4
	2	6/И;	-	1	7,9
	3	-	-	-	
	4	2/И; 2/В	-	2	12,4+7,9
5	3-5/И;	1-2/Г; 1-2/И	3	12,4+12,4+12,4	

продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5	6
	6	Стена ліфтової шахти; 4/В;	6/В;7/Г	4	9,9+12,4+12,4+12,4
	7	1-2/В; 5-6/В	6/В	3	12,4+7,4+12,4
	8	1/В; 2/В; 3/А; 4/И;	-	4	7,9+12,4+6,2
	9	8/А-В; 7/Е-И;	4/В;1/В	4	5,8+12,4+12,4+7,9
В	підвал	9/Е; 16-15/И; 15-16/Б	12/Г-И	4	5,2+7,8+8,8+17,4
	1	12-14/И;	11/Г-Е	2	12,7+12,7
	2	-	-	-	
	3	-	-	-	
	4	9/Б; 11/И; стена ліфтової шахти;	11/Б	4	3,9+7,9+7,9+9,9
	5	15/Б; стена ліфтової шахти; 11/Б; 9/Б	17/Б-В	5	7,9+9,9+7,9+3,9+18,9
	6	14/В; 12/В; 10/И	15/И;	4	0,6+0,6+12,4+7,9
	7	11/Г; 12/В; 14/Б; 14/В	10/И	5	12,4+0,6+0,6+0,6+12,4
	8	9/Б; 10/Е; 12/В; 13-14/В; стена ліфтової шахти; 13-14/И	16/Б;16/В;	8	3,9+12,4+0,6+8,5+9,9+2,82+7,9+12,4
	9	16/И; 15/И; 11/И; 9/А-Г	17/В-И; 9/А-Б	6	12,4+0,6+0,6+3,9+3,9+5,1+18,9
С	підвал	20/Г; 26/Г; 24-26/К; 27/К	-	4	0,5+0,5+31,2+9,2
	1	21/Е	-	1	11,7
	2	18/А; 20/А; 20/И; 21/Б-В; 26/А;	25-26/Г	6	7,9+6,2+7,9+12,4+6,2+6,7
	3	18/А; 26/Д	19/А; 20/А; 20/Е; 21/Е; 22/Д; 23/К	8	0,4+2,6+7,9+6,2+7,9+7,9+12,4+7,9
	4	-	-	-	
	5	21/Е; 22/Е; 22/А; 25/В; 25-26/Г; 28/К;	-	6	7,9+3,9+0,6+12,4+6,8+7,9
	6	18/В;25-26/Г;29/В	-	3	0,6+6,8+0,6
	7	18/А; 27-28/Б	-	2	0,6+0,6
	8	18/Г; 18/Е; 19/В; 25-26/Г;	20/Е;	5	4,5+4,5+0,6+6,8+7,9
	9	18/В; 18/Г-Д; 25-26/Г;	-	3	0,6+4,5+6,8

продовження таблиці 4.4

D	підвал	-	28/М-П	1	30,9
	1	28/П	-	1	4,9
	2	25/Н; 23/П; 26/П-Р; 23/Р; 29/В	25/С	5	12,4+7,9+18,9 +7,9+7,9+12,4
	3	26-27/М; 24/М; 23/П; стена шахты лифта; 28/Т	23/П-Р;	6	6,2+4,5+7,9+ 9,9+7,9+7,9
	4	24/М; 23/Н-П; стена шахты лифта;	-	3	0,6+7,9+9,9
	5	24/М; 26/М; 27/Н	-	3	0,6+0,6+6,2
	6	25/М; 27-28/М; 23/Н-П; 25-26/П-Р;	-	4	0,6+0,6+0,6+ 0,6+0,6+11,8
	7	24/М; 28/М; 23/Н-П;	-	3	0,6+4,5+0,6
	8	28/М; 28/Н-П; С/27;	-	3	0,6+0,6+0,6+ 0,6
	9	26/М; 28/М; 24-26/П;	24-26/П-Р; 28/П-Р;	5	0,6+0,6+11,8 +11,8+22,3

Таким чином використовуючи дану трьохвимірну точкову модель ми маємо змогу провести детальне обстеження конструкцій на дефекти, такі як прогин, вигин, нахил конструкцій, відхилення від проектного положення.

При виконанні описаних вище робіт використання технології лазерного сканування при проведенні обстеження на встановлення відповідності проектного положенню було доцільно, оскільки терміни були досить стиснуті. Польові роботи були виконані у найкоротший строк - 3 робочі дні. У порівнянні з більш розповсюдженим методом виконання даних робіт, а саме тахеометричною зйомкою - польові роботи зайняли набагато більше часу. А обробка отриманих даних, тобто визначення відхилень та складання схем, була більш точною, детальною, та, завдяки візуальному зображенню, простішою.

Недоліком даних робіт була досить висока вартість робіт, у зв'язку дороговизною самого приладу та необхідним ліцензійним програмним забезпеченням.

Таким чином можна зробити висновок, що метод лазерного сканування у подібних випадках доречно використовувати при коротких термінах роботи, та потребі у високій точності та детальності даних.

### **4.3 Створення векторної 3D моделі фасаду чотирнадцятиповерхового житлового будинку на основі трьохмірної точкової моделі, отриманної по результатам лазерного сканування**

На об'єкті було використано метод лазерного сканування для подальшого отримання векторної 3D моделі будинку для реконструкції фасадів. Технічне завдання на виконання робіт представлено у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 –Технічне завдання на виконання робіт

№ п/п	Список основних даних та вимог	Зміст
1	2	3
1	Підстава для виконання робіт	Договор № 51/20 від «10» червня 2020р.
2	Замовник	
3	Виконавець	
4	Об'єкт, місцезнаходження, склад, площа об'єкту	Чотирнадцятиповерховий житловий будинок, розташований у Запорізькій області
5	Мета та призначення робіт	Для проектувальних робіт
6	Система координат	Державна геодезична мережа
7	Система висот	Відносна

## продовження таблиці 4.5

1	2	3
8	Склад робіт	1 етап: роботи по зніманню об'єкту методом тривимірного лазерного сканування лазерним сканером, що використовує імпульсний дальномір; 2 етап: роботи по обробці даних лазерного сканування – побудова високоточної тривимірної (3D) моделі (хмара точок) об'єкту 3 етап: складання трьохвимірної векторної моделі фасадів будинку
9	Вимоги до виконання робіт та розробці електронної документації	Згідно діючим ДБН та ДСТУ
10	Електронний формат результату робіт Требуемый электронный формат результата работ	Хмара точок - *.rcp Векторна 3D модель - *.dwg
11	Термін виконання робіт	1 етап: два робочі дні з моменту оплати послуг. 2 етап: один робочий день після закінчення 1 етапу робіт. 3 етап: п'ятнадцять робочих днів після закінчення 1 етапу робіт
12	Матеріали, що передаються Замовнику, та форма їх передачі Замовнику	Хмара точок в форматі *.rcp; Векторна 3D модель в форматі *.dwg, *.pdf ;

Таблиця 4.2 - Види та об'єми виконаних робіт

№	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єм робіт
1	Обробка вихідних даних	-	-
Полеві роботи			
2	Рекогносцировка, закладка та визначення геодезичної мережі з точністю знімального обґрунтування, з використанням супутникових геодезичних систем	пункт	2
3	Лазерне сканування	м2	12 984
Камеральні роботи			
4	Обробка отриманих даних	м2	12 984
5	Складання векторної 3D моделі фасадів будинку	шт.	1

На рисунку зображена трьохвимірна точкова модель з візуалізацією. Тобто сканування відбувалось із збереженням натурального кольору, на відміну від попереднього прикладу (Рис. 4.13).

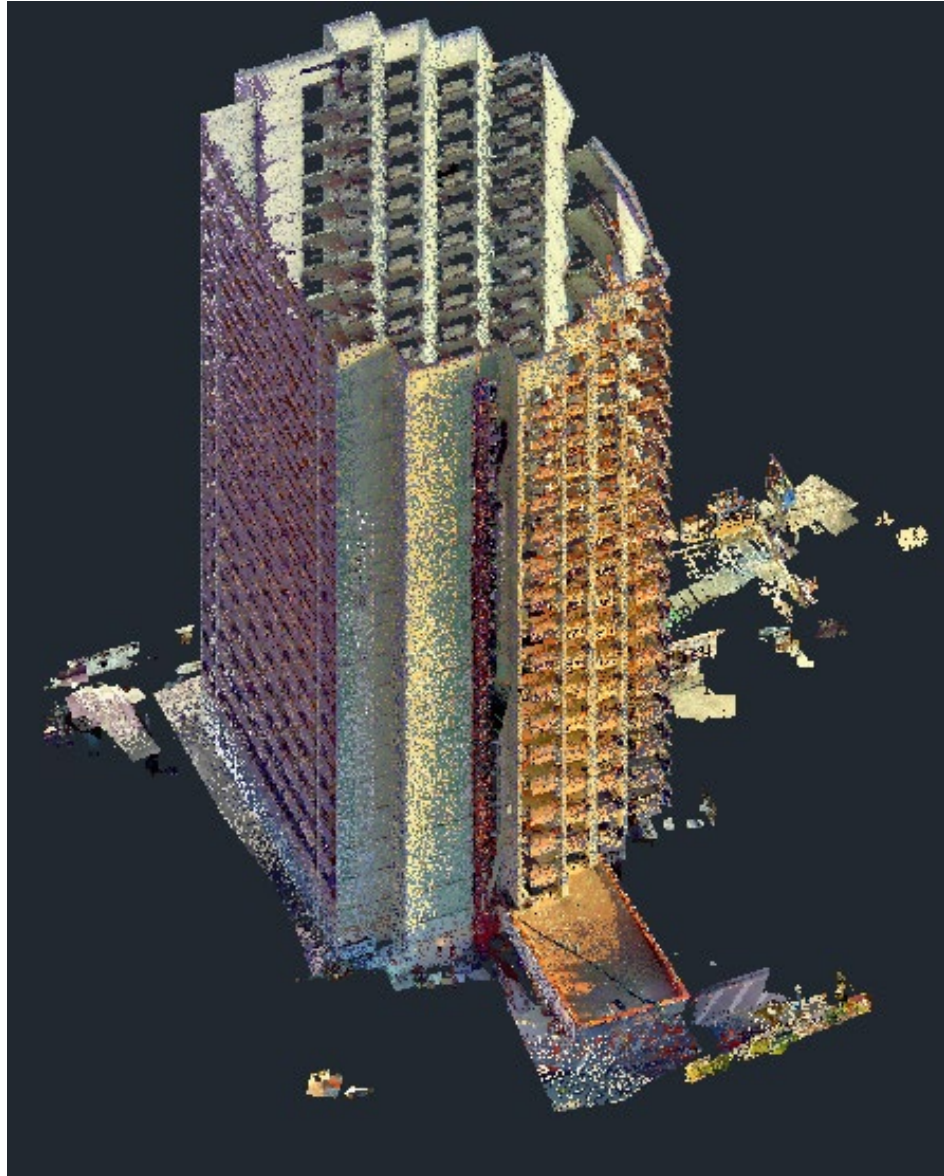


Рисунок 4.13 - Точкова 3D модель чотирнадцятиповерхового будинку

При створенні стрічкової моделі будівлі були відображені усі зовнішні конструкції та випираючі елементи: зовнішні несучі огорожувальні конструкції, плити перекриття, балконні плити.



Відбувається це наступним чином. Хмару точок підгружають до програми Autodesk AutoCAD 2020. За допомогою команди «Подрезка» підрізаємо модель по обраній конструкції (Рис. 4.14)

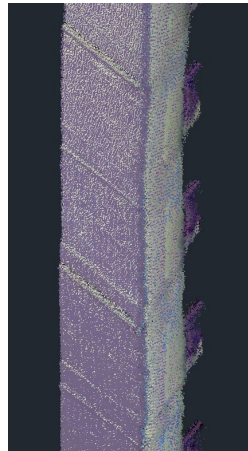


Рисунок 4.14 - Трьохвимірна модель зовнішньої стіни

Обравши команду «3D полилиния» повторюємо контур стіни по її ребрам. Щільність точок обираємо за технічним завданням.

Таким чином створюємо модель усіх вертикальних конструкцій (Рис. 4.15).

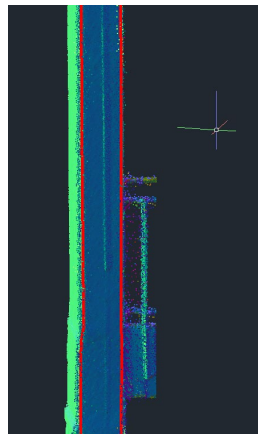


Рисунок 4.15 - Процес створення вертикальної трьохмірної моделі зовнішньої стіни



Таким чином створюємо модель усіх вертикальних конструкцій (Рис. 4.16).

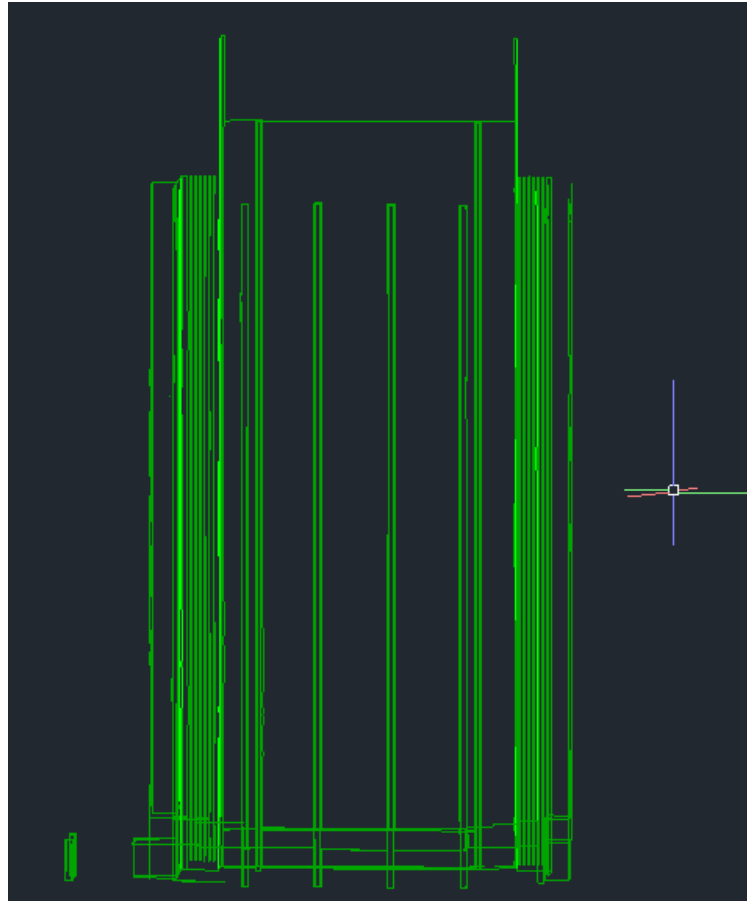


Рисунок 4.16 - Трьохмірна векторна модель зовнішніх вертикальних конструкцій

Після цього переходимо до наступного етапу, а саме до горизонтальних конструкцій - балконних плит та плит перекриття.

Повторюємо процес підрізання хмари точок по обраній конструкції та отримуємо те, що зображено на рисунку 4.17.

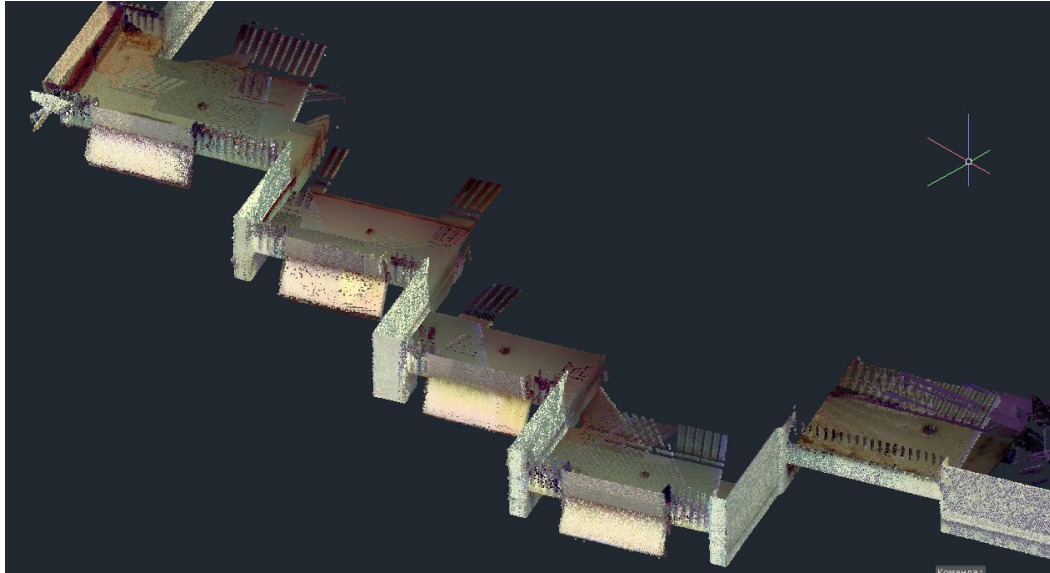


Рисунок 4.17 - 3D модель балконних плит на окремому поверху

На цьому виді ми бачимо балконне огороження та інший шум, що буде заважати створенню детальної та точної стрічкової 3D моделі будівлі. Тому необхідно «підчистити» хмару точок від зайвих деталей. Виконується це завдяки тій самій команді «подрезка» (Рис. 4.18), але після проведення необхідних налаштувань команди, на екрані монітора ми побачимо усе, що не ввійшло до виділеної зони (Рис. 4.19)

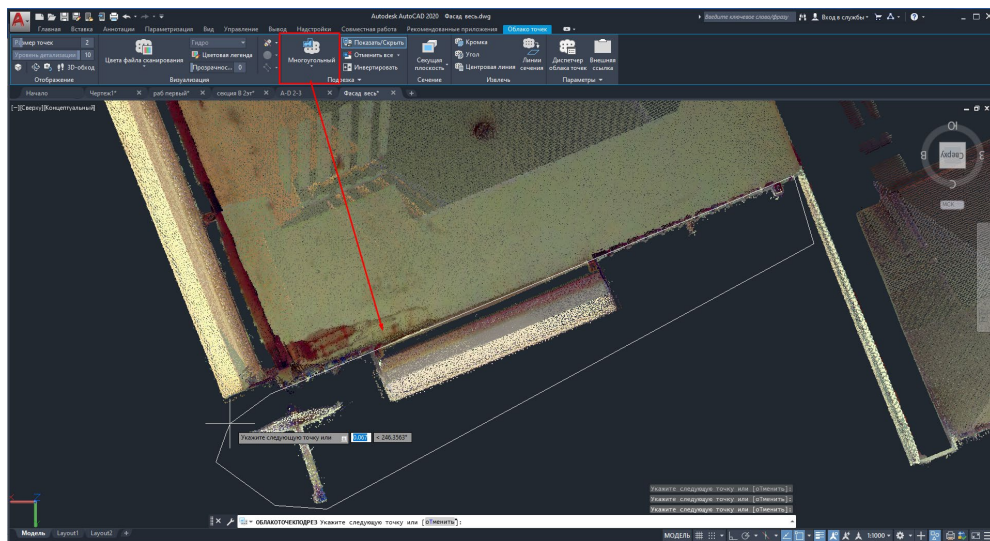


Рисунок 4.18 - Видалення зайвих деталей на точковій трьохвимірній моделі

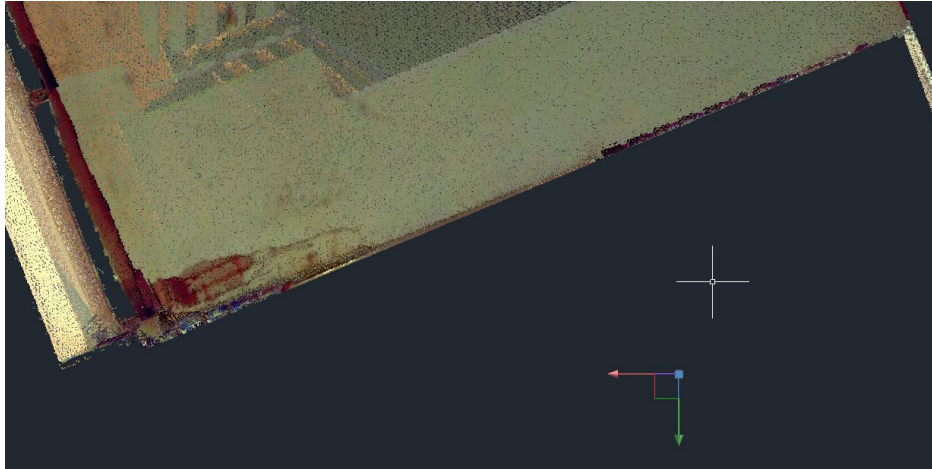


Рисунок 4.19 - Результат «підчищення» точкової 3D моделі

Повторюємо це для усіх плит на поверсі та переходимо до наступного кроку. За допомогою команди «3D полілінія» створюємо векторну моделі плит (Рис. 4.20).

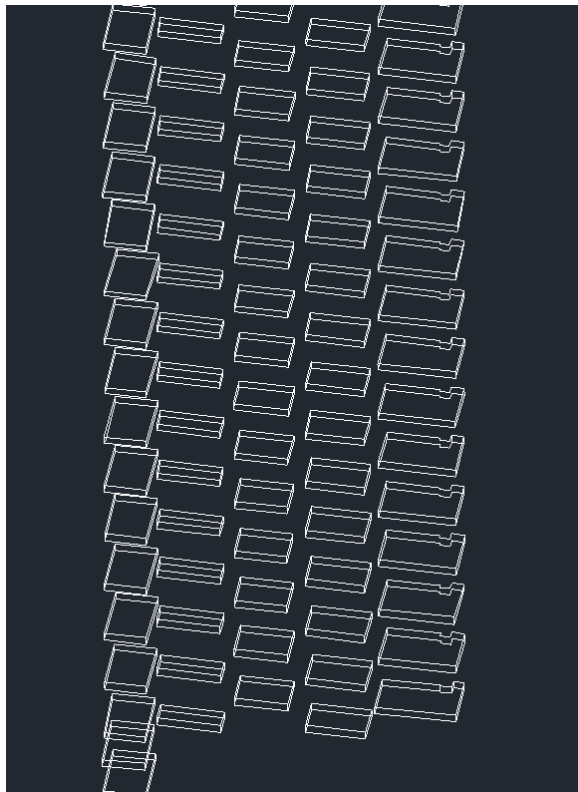


Рисунок 4.20 - Векторна трьохвимірна модель балконних плит

Варто зауважити, що перевагою лазерного сканування на цьому етапі є наглядність ситуації, завдяки чому полегшується камеральна обробка даних. На моделі можна побачити різні дефекти плит, такі як сколи, тріщини, відшарування поверхонь та нахил.

Завдяки проведеному скануванню на точковій моделі ми маємо можливість побачити елементи, відображення яких було б складніше, у разі, якщо було б використано інший метод знімання. На рисунку 4.21 ми бачимо випирання плит перекриття, колону, так звані «капельники», а також можна побачити рельєфність зовнішньої стіни.

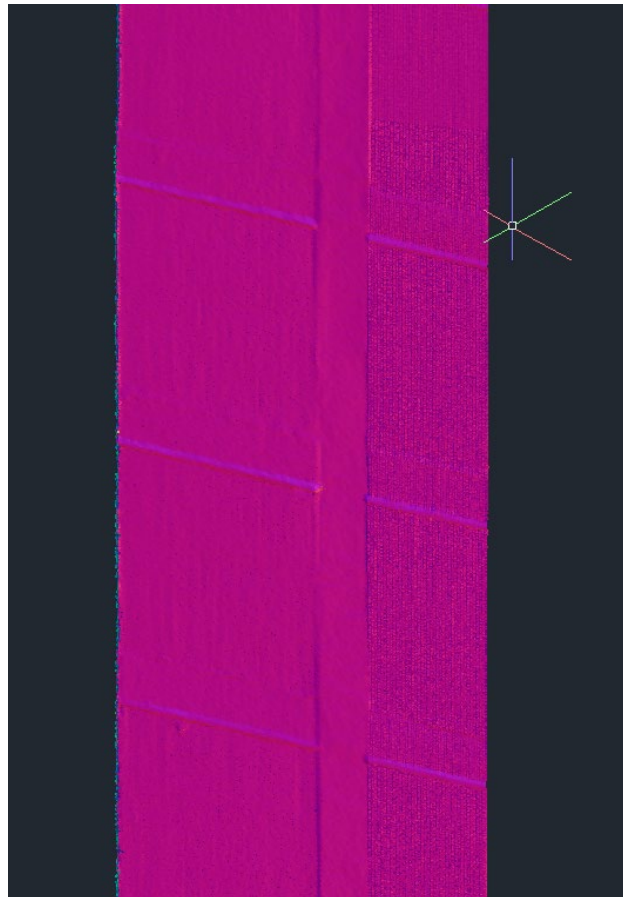


Рисунок 4.21 - Випирання конструктивних елементів на фасаді будівлі у трьохвимірній точковій моделі

Тож вже знайомим нам методом ми створюємо векторна модель цих елементів будівлі.

За технічним завданням результатом проведених робіт є детальна векторна модель, отримана завдяки трьохвимірній точковій моделі за технологією лазерного сканування. Модель, забарвлена у різні кольори для спрощення розуміння деталей, зображена на рисунку 4.22.

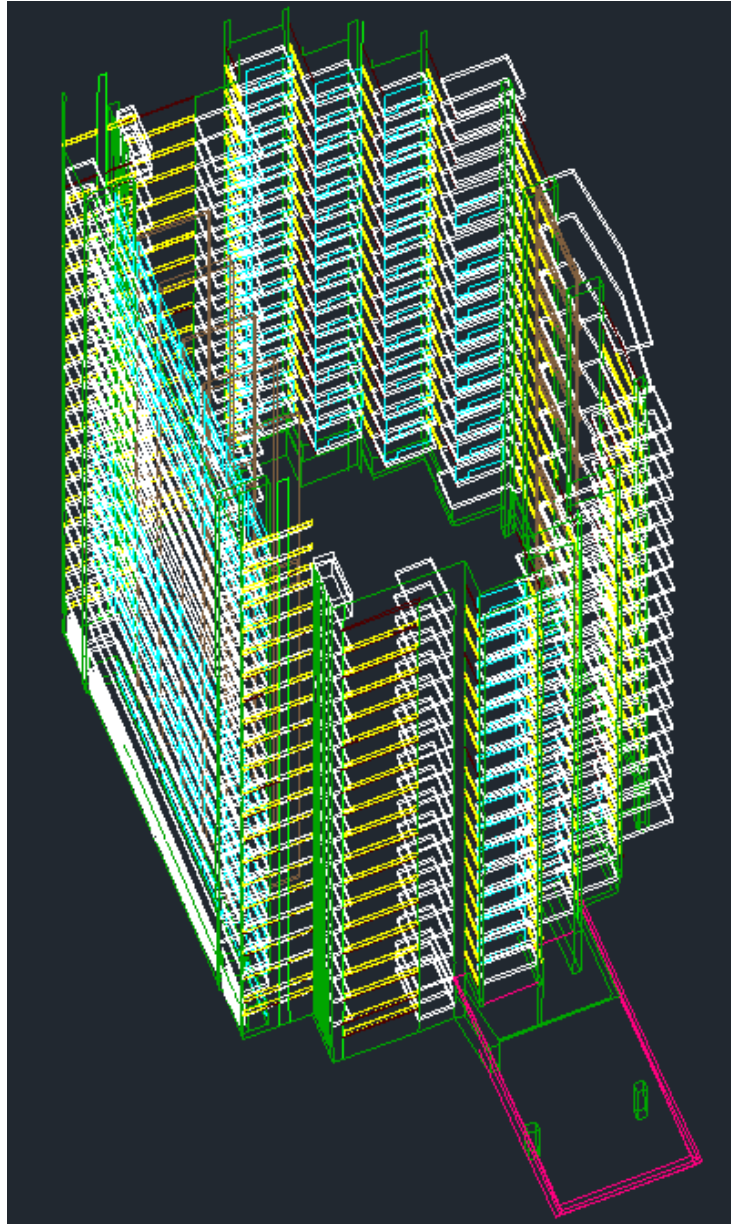


Рисунок 4.22 - Векторна 3D модель фасадів будинку

Шляхом накладання стрічкової 3D моделі на площину ми отримуємо план фасадів будівлі (Рис. 4.23).

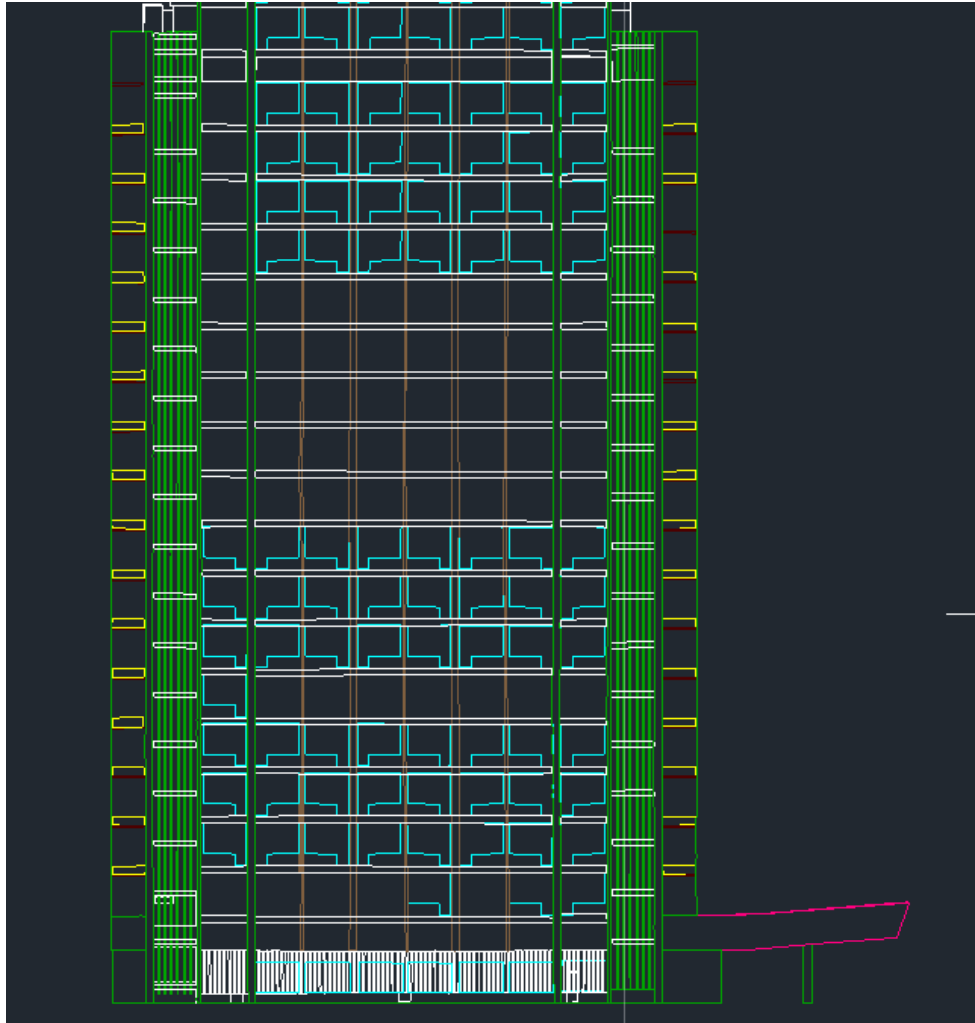


Рисунок 4.23 - План фасаду будинку

Таким чином можна із впевненістю сказати, що використання методу лазерного сканування є доцільним для використання на об'єктах, де дуже стиснуті терміни виконання польових робіт, а також на об'єктах складної форми, великою кількістю елементів, високою деталізованістю та точністю.

Отримана детальна 3D модель спрощує камеральну обробку отриманих даних, і як наслідок результат робіт є більш повним та точним, що, у свою чергу, важливо при будівництві та проектуванні реконструкції будинків.

Аналіз отриманих даних дає змогу виявити причини та можливі наслідки дефектів конструкцій будинку, знайти раціональне рішення проблем що у свою чергу продовжить термін експлуатації будинку.

## ВИСНОВКИ

В процесі виконання роботи було проведено теоретичний аналіз основних методів, що використовуються при обстеженні житлових будівель.

На підставі аналізу визначено, що обстеження будівель є важливою частиною комплексу робіт з оцінки їх технічного стану, в результаті якого встановлюються дійсна несуча здатність і експлуатаційна придатність будівельних конструкцій і основ, а також розглядаються варіанти змін конструктивно-планувальних рішень і способи можливого посилення несучих конструкцій.

Встановлено основні параметри, за якими проводиться оцінка стану будівель та конструкцій, та вивчено види дефектів та пошкоджень, що впливають на них. За результатами обстеження об'єкта складають науково-технічний звіт, технічний звіт або висновок, що визначається в технічному завданні на обстеження в залежності від його складності. Вимоги до складу звіту встановлюють у технічному завданні на обстеження та оцінку технічного стану об'єкта.

Виявлено, що метою діагностування технічного стану будівельних конструкцій, будівель та інженерних споруд є визначення ступеня фізичного зношення та залишкового ресурсу несучих і огорожуючих конструкцій, причин, що обумовлюють їхній стан, дійсної роботоспроможності та розробку заходів з забезпечення експлуатаційних якостей. Діагностування технічного стану будівельних конструкцій, а також будівель та інженерних споруд у цілому здійснюється за результатами обстеження, розрахунку та аналізу отриманих результатів.



Проведено порівняльний аналіз методів, що використовуються при обстеженні будівель.

В ході роботи було досліджено та проаналізовано технологічні можливості та сфери застосування 3D моделювання при обстеженні житлових багатоквартирних будинків. В результаті проведених робіт можна із впевністю стверджувати:

- процес виконання польових робіт менш трудомісткий та потребує менше часу;

- отримання 3D моделі полегшують та скорочують виконання камеральних робіт;

- завдяки використанню трьохвимірної моделі, що була створена за результатами сучасної технології лазерного сканування отримують точну та детальну інформацію про об'єкт будівництва;

- використання технології лазерного сканування підвищує якість виконання обстежувальних робіт;

- створення 3D моделі будинку доцільно використовувати як при новому будівництві так і при реконструкції вже існуючої забудови.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич Є.М., Караван В.В. Діагностика, паспортизація та відновлення будівель і інженерних споруд: підручник. Рівне : Волинські обереги, 2018. 176 с.
2. Бадьїн Г.М. Довідник по вимірювальному контролю якості будівельних робіт. БХВ-Петербург : 2010. 464 с.
3. Барашиков А.Я., Гомілко В.О., Малишев О.М. Технічна експлуатація будвель і міських територій. Київ : 2000. 112 с.
4. Високоточний лазерний сканер 3D СКАНЕР LEICA SCANSTATION P40. URL: [https://ngc.com.ua/p/717-leica-scanstation\\_p40.html](https://ngc.com.ua/p/717-leica-scanstation_p40.html) (дата звернення 20.11.2021).
5. ДБН А.2.1-1-2014. Інженерні вишукування для будівництва. [Чинний від 01-08-2014]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 128с.
6. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. : Основні положення. : [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 94 с.
7. ДБН В.1.2-9:2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації. [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 21с.
8. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
9. ДБН В.1.2-14:2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. : [Чинний від 2009-12-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 37с.

10. ДБН В.1.3-2:2010. Зміна №1. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. : [Чинний від 2018-06-01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2010. 70 с.
11. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення. . [Чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 42 с.
12. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. : [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 73с.
13. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). [Чинний 2019-06-24]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 17 с.
14. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний 2016-07-02]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 47 с.
15. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2004. 304 с.
16. Маліцький А. Лозинський В. Аналіз наземних лазерних 3d-сканерів та сфера їх застосування. зб. тез.доп. *«Офіційна хроніка, освіта, наукове, виробниче та громадське життя»*. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2018. С. 21-25.
17. Обстеження та дослідження будівель та споруд: навч. посіб. / Козачек В.К., Нечаєв Н.В., Нотенко С.Н та ін. /за ред В.І. Римішина. Москва : Вища школа, 2004. 447 с.
18. Пеньков В. О. Фотограмметрія : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019. 100 с.
19. Прядко Н.В. Обстеження та реконструкція житлових будівель : навчальний посібник. Макіївка.: ДонНАСА: 2006. 156 с.

20. Сунак П.О., Ільчук Н.І. Безпечна експлуатація будівель і споруд: метод. вказ. Луцьк : Луцький НТУ, 2015. 22 с.
21. Технологія будівельного виробництва / Черненко В.К., Ярмоленко М.Г. та ін. Київ : 2002. 430 с.
22. Технологія реконструкції будівель та споруд: навч. посіб. / за ред. С.Н. Леоновича. Мінськ : БНТУ, 2018. 279 с.
23. Технічний нагляд за будівництвом та безпечною експлуатацією будівель і інженерних споруд / Тугай О.А., Гарнець В.М., Баглай В.А. та ін. Київ: 2011. 448 с.
24. Травін В.І. Капітальний ремонт и реконструкція житлових громадських будівель: навч. посіб. Ростов-на-Дону : 2002. 256 с.
25. Шулькевич М.М., Дмитренко Т.В., Бойко А.И. Довідник по контролю якості будівництва житлових та громадських будівель. Київ :1981. 360 с.
26. Якименко О.В., Кіктьова К.О. Технічна експлуатація будівель та споруд : навч. Посібник Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019. 247 с.