

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний

(назва факультету, інституту)

Приладів і систем орієнтації та навігації

(назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Бурау Н.І.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2019 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код та назва спеціальності)

на тему: «Імітаційне моделювання впливу динамічних навантажень на
будівельні конструкції»

Виконав: студент VI курсу, групи ПГ-81мп

(шифр групи)

Губенко Євген Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Цибульник С.А.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з: Розробка стартап-проекту

(назва розділу)

доц., к.е.н. Бояринова К. О.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент: _____

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

(підпис)

Київ – 2019

РЕФЕРАТ

Під час експлуатації будівельних споруд в світі виникають ситуації, коли конструкції будинків отримують пошкодження або с часом втрачають свої початкові властивості. Якщо в такий момент будівля знаходиться, наприклад, у повному експлуатуванні, існує велика ймовірність, що такі пошкодження чи дефекти можуть призвести до значних наслідків. Небезпечним є пошкодження елементів несучих конструкцій, наприклад, стіни. На практиці майже неможливо дослідити процеси руйнування деяких елементів конструкцій споруд, особливо під час експлуатації. Але існує велика кількість програмних комплексів інженерних розрахунків, які дозволяють дослідити процеси та явища їх фізичної реалізації. Тому доцільно буде заздалегідь провести імітаційне моделювання будівлі в умовах динамічних навантажень.

Популярність діагностики та моніторингу об'єктів з використанням сучасних комплексних програм для інженерних розрахунків зростає з кожним днем.

Імітаційне моделювання - це метод дослідження, який спрямований на виявлення ймовірних проблем, а не тільки реальних, при якому досліджуваний об'єкт замінюється комп'ютерною математичною моделлю, який з достатньою точністю може описати реальний об'єкт і виявити порушення у роботі об'єкта ще до їх появи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Проведені в дисертації дослідження не пов'язані з науково-дослідними роботами.

Метою дисертаційної роботи є визначення впливу зовнішніх (динамічних та статичних) навантажень на елементи конструкції будівельних споруд.

Для досягнення цієї мети треба було сформулювати і вирішити наступні задачі:

- провести аналіз проблем надійності будівельних конструкцій;
- провести аналіз дефектів та пошкоджень будівельних споруд;
- провести огляд новітніх рішень у сфері надійності будівельних споруд;
- розробити тривимірну модель у середовищі SolidWorks;
- провести імітаційне моделювання на базі тривимірної моделі, прикладаючи до неї динамічні збурення;
- зробити оцінку впливу динамічних збурень на міцність споруди, проаналізувати отримані дані.

Об'єктом дослідження є процес коливання багатоповерхового будинку.

Предметом дослідження є реакція конструкції будинку, з'єданого з фундаментом на зовнішні динамічні навантаження у вигляді вібрації, спричиненої землетрусом.

Методи дослідження — геометричне моделювання для створення комп'ютерної моделі та імітаційне моделювання для її дослідження.

Наукова новизна дисертації полягає у наступному:

- досліджено вплив динамічних навантажень у вигляді вібрації від землетрусу на створені геометричні моделі будівельних споруд з урахуванням поверхів та фундаменту.

Практичне значення полягає у створенні геометричних та імітаційних моделей елементів багатоповерхового будинку.

Апробація результатів дисертації на конференціях не відбувалася.

Публікації. За матеріалами дисертації було опубліковано одну статтю у фаховому виданні України.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань, одного додатку. Загальний обсяг дисертації становить 130 сторінок, 63 малюнків, 23 таблиць, 69 положень переліку посилань.

БУДІВЕЛЬНІ КОСНТРУКЦІЇ, БУДІВЕЛЬНІ СПОРУДИ, ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ФУНДАМЕНТ, SOLIDWORKS, CAE, ANSYS, НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ВИПАДКОВА ВІБРАЦІЯ.

ABSTRACT

During the operation of construction structures, there are situations in the world where building structures are damaged or lose their original properties over time. If the building is in full use at this point, for example, there is a strong likelihood that such damage or defects could have significant consequences. Damage to structural members, such as walls, is dangerous. In practice, it is almost impossible to investigate the processes of destruction of some elements of structures of structures, especially during operation. But there are a large number of software complexes of engineering calculations, which allow to investigate the processes and phenomena of their physical realization. Therefore, it would be advisable to carry out simulation of the building in advance under dynamic loads.

The popularity of object diagnostics and monitoring using state-of-the-art integrated engineering calculations is increasing day by day.

Simulation modeling is a method of research that aims at identifying probable problems, not just real ones, in which the object under study is replaced by a computer mathematical model that can accurately describe the real object and detect the malfunction of the object even before their appearance.

Communication with working with the scientific programs, plans, topics.

The research done in the dissertation is not related to the research works.

The aim of the dissertation is to determine the influence of external (dynamic and static) loads on the structural elements of construction structures.

To achieve this, the following tasks had to be formulated and solved:

- analyze the reliability of building structures;
- analyze defects and damages of construction structures;
- to review the latest solutions in the field of construction safety;

- Develop a three-dimensional model in SolidWorks;
- Carry out simulation on the basis of three-dimensional model, applying dynamic perturbations to it;
- evaluate the impact of dynamic disturbances on the strength of the structure, analyze the data obtained.

The object of study is the oscillation process of a multi-storey building.

The subject of the study is the response of a building structure coupled to a foundation for external dynamic loads in the form of earthquake vibration.

Research Methods - Geometric modeling to create a computer model and simulation to study it.

The scientific novelty of the thesis is as follows:

- the influence of dynamic loads in the appearance of vibration from an earthquake on the geometric models of building structures, taking into account the floors and the foundation, was investigated.

The practical importance is to create geometric and imitation models of the elements of the shell of the ship.

The results of the dissertation were not tested at conferences.

Publications. According to the dissertation, one article was published in professional edition of Ukraine.

Thesis structure. The dissertation consists of an introduction, four sections, conclusions, a list of references, one application. The total volume of the dissertation is 130 pages, 63 drawings, 23 tables, 69 provisions of the list of references.

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDING STRUCTURE, GEOMETRIC MODELING, IMITATION MODELING, FUNDAMENT, SOLIDWORKS, CAE, ANSYS, LOAD FROM DYNAMIC LOAD, RANDOM VIBRATION.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1.....	16
ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ	16
1.1 Проблема надійності будівельних конструкцій	16
1.2 Дефекти та пошкодження будівельних споруд	20
1.3 Новітні рішення у сфері надійності будівельних конструкцій	25
1.4 Огляд робіт інших авторів за темою дисертаційних досліджень	35
1.5 Мета та задача дослідження	40
РОЗДІЛ 2.....	41
ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	41
2.1 Огляд видів будівель та вибір об'єкту дослідження	41
2.1.1 Розробка тривимірної моделі дев'ятиповерхового будинку	47
2.2 Класифікація та вибір фундаменту для досліджуваної споруди	57
2.2.1 Розробка тривимірної моделі фундаменту у середовищі Solidworks ..	65
Висновки до розділу 2.....	73
РОЗДІЛ 3.....	74
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ 9-ТИПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ	74
3.1 Модальний аналіз багатоповерхового будинку	74
3.1.1 Аналіз повної моделі	75
3.1.2 Аналіз спрощеної моделі.....	83
3.1.3 Порівняння результатів	86
3.2 Аналіз випадкової вібрації.....	87
3.2.1 Аналіз випадкової вібрації повної моделі	87
3.2.2 Аналіз випадкової вібрації спрощеної моделі	91
3.2.3 Порівняння результатів	93
Висновки до розділу 3.....	93
РОЗДІЛ 4.....	94

РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	94
4.1 Опис ідеї проекту	94
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	97
4.3 Аналіз ринкових можливостей	98
4.4 Розроблення проекту ринкової стратегії	108
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	110
Висновки до розділу 4	114
ВИСНОВКИ	116
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ	118
ДОДАТОК А	126

ВСТУП

Імітаційне моделювання - ефективний засіб дослідження і проектування складних економічних систем в сучасному світі. Потреба в імітаційному моделюванні виникає в зв'язку з великою вартістю або відсутністю можливості проведення досліджень реального об'єкта, а також із-за великої тривалості досліджуваного явища чи процесу. Отже, актуальність моделювання буде підвищуватися з плином часу [1]. Імітаційне моделювання — особлива форма проведення експериментів на ЕОМ з математичними моделями, які з певним ступенем ймовірності описують закономірності функціонування реальних систем і об'єктів [2].

Імітаційне моделювання, як інструмент експериментального дослідження складних систем, охоплює методологію створення моделей систем, методи алгоритмізації та засоби програмних реалізацій імітаторів, планування, організацію і виконання на ЕОМ експериментів з імітаційними моделями, машинну обробку даних та аналіз результатів. При цьому динамічні й стохастичні характеристики реальних процесів відображаються в моделі за допомогою спеціально сконструйованих процедур.

Чим швидше розвивається суспільство, тим складніше стають реальні системи, тому виникає питання про складність імітаційних моделей. Зараз комп'ютерні технології дозволяють впоратися з цим питанням. Виникає можливість згенерувати комбіновані імітаційно-аналітичні моделі, що враховують весь поліморфізм, який має місце в реальних системах [1].

Можливості фахівця імітаційного моделювання для дослідження систем будуть ставати все більше і більше завдяки розвитку обчислювальної техніки. Тим самим, основною перспективою імітаційного моделювання є вдосконалення

наукового фундаменту відповідно до нових інформаційних технологій у наукових дослідженнях [1].

Ефективність імітаційного моделювання і різні успіхи в різноманітних галузях науки і техніки нерозривні з процесом вдосконалення обчислювальних машин. Область використання обчислювальних систем стрімко розвивається, що дає стимул розвитку новітніх теоретичних і прикладних досліджень. Завдяки ресурсам інформаційно-обчислювальної техніки нашого часу стало можливо вирішувати такі математичні завдання, які в недавньому минулому здавалися не реалізованими, наприклад, аналіз громіздких систем.

Досягнення імітаційного моделювання стрімко поліпшуються зі збільшенням швидкодії і оперативно запам'ятовуючих пристроїв, з удосконаленням математичного забезпечення, поліпшенням баз даних і периферійних пристроїв, для структурування діалогових систем моделювання. Розвиток імітаційного моделювання призведе до появи нових способів вирішення завдань і аналізу великих систем, в основу яких входить організація імітаційних досліджень з їх моделями [1].

Серед головних напрямів використання імітаційного моделювання можна виділити наступні [3]:

- 1) прогнозування розвитку національних економік;
- 2) створення важливих народногосподарських проектів;
- 3) розробка і впровадження інформаційних систем різного призначення;
- 4) створення системи оборони країни і планування військових операцій;
- 5) охорона навколишнього середовища;
- 6) навчання та підготовка кадрів;
- 7) будівництво.

Машинна імітація являє собою цілий науковий напрям. Активне впровадження машинної імітації у сферу розв'язання різноманітних завдань організації і управління виробництвом, інтенсивна експлуатація імітаційних методів у всіх галузях інженерно-економічної діяльності, широке залучення ідей і методів машинного моделювання до підготовки наукових і виробничих кадрів — важливі народногосподарські завдання, успішне виконання яких багато в чому визначить ефективність суспільного виробництва в цілому. Слід також звернути увагу на особливість застосування методу імітаційного моделювання. Щоб застосувати такий метод для досліджень, створюють імітаційну систему, яка містить у собі імітаційну модель, а також внутрішнє і зовнішнє математичне забезпечення. До ЕОМ вводять потрібні вхідні дані і спостерігають зміни показників, які у процесі моделювання можуть аналізуватися й піддаватися статистичній обробці. Машинна імітація в усьому світі набула значного поширення при дослідженні складних систем завдяки важливим перевагам, що їх отримують користувачі цього методу. Переваги імітаційного моделювання [3]:

1. Вдається відповісти на багато запитань, що постають на ранніх стадіях задуму і попереднього проектування систем, уникнувши застосування методу спроб і помилок, пов'язаного із значними витратами.

2. Метод дає змогу досліджувати особливості функціонування системи за будь-яких умов, зокрема й тих, які не реалізовані в натурних експериментах. При цьому параметри системи і навколишнього середовища можна варіювати у надзвичайно широких межах, відтворюючи довільну обстановку.

3. Стає можливим прогнозувати поведінку системи в близькому та віддаленому майбутньому, екстраполюючи результати на моделі. У такому разі дані, здобуті раніше, поповнюються завдяки застосуванню статистичного підходу.

4. Імітаційні моделі технічних і технологічних систем та пристроїв дають змогу в багато разів скоротити час їх випробування.

5. За допомогою методу машинної імітації можна штучним шляхом швидко й у великому обсязі дістати потрібну інформацію, що відбиває хід реальних процесів, уникнувши дорогих, а часто й неможливих натурних випробувань цих процесів.

6. Імітаційна модель є надзвичайно гнучким пізнавальним інструментом, здатним відтворювати довільні як реальні, так і гіпотетичні ситуації.

7. Імітаційне моделювання на ЕОМ часто буває єдиним реальним способом розв'язання таких задач

За допомогою імітаційного моделювання також можна контролювати процеси будівництва різної складності. Процес контролю можливий на різних етапах будівництва, але найчастіше проходить на початковому етапі розробки конструкцій [4].

Ефективність подальшого вдосконалення управління будівництвом значною мірою залежить від того, наскільки якісно розроблена база ресурсних нормативів для будівельних процесів. Якість ресурсних нормативів для будівництва залежить [4]: по-перше, від того, наскільки відповідають сучасним вимогам будівельного виробництва первинні єдині, відомчі та місцеві виробничі норми витрат ресурсів на рівні елементарних процесів і операцій, що розробляються методами технічного нормування; по-друге, від того, наскільки наявні методики їх перетворення в укрупнені виробничі або кошторисні нормативи і показники витрат ресурсів різних рівнів враховують конкретні умови виробництва, варіантність конструктивних, об'ємнопланувальних, а також технологічних і організаційних рішень; по-третє, від того, наскільки своєчасно нормативна база актуалізується, тобто виключаються застарілі норми,

нормативи, показники, розробляються нові, перераховуються наявні, з урахуванням сучасних методів, технології та організації будівництва.

Стара нормативна база, створена для функціонування будівельної галузі в системі планової економіки, малопридатна для ринкової і не тільки гальмує будівництво, а й збільшує число похибок, що призводить до небажаних результатів. Імітаційне моделювання дає змогу підвищити рівень автоматизації підготовки виробництва, розробляти нормативи витрат ресурсів для типових та індивідуальних проектів. Великий обсяг робіт для уточнення наявних нормативів витрат ресурсів неможливо здійснювати без застосування комп'ютерного моделювання. Специфіка систем моделювання визначається [4]: технологією роботи, набором мовних засобів, сервісних програм і прийомів моделювання.

Імітаційне моделювання контрольованого процесу або керованого об'єкта це високорівнева інформаційна технологія, яка забезпечує роботу зі створення або модифікації імітаційної моделі, а також експлуатацію імітаційної моделі та інтерпретацію результатів. Імітаційне моделювання дозволяє створювати моделі будівельних процесів, що спрощує створення ресурсної нормативної бази [4].

Враховуючи все зазначене вище, саме імітаційне моделювання буде використано у даній роботі для моделювання процесів, які протікають у будівельному об'єкті при дії зовнішніх динамічних збурень.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ

1.1 Проблема надійності будівельних конструкцій

У наш час оцінку надійності будівель і споруд виконують по поглибленим розрахунками статичної міцності будівельних конструкцій або доповнюють розрахунками на втому і міцність з урахуванням відповідних імовірнісних уявлень. Так як забезпечення міцності і надійності конструкцій, будівель і споруд є однією з найбільш важливих умов підвищення ефективності їх використання та зниження матеріаломісткості, то вказане вимагає розробки нових методів розрахунку міцності, довговічності і експлуатаційних властивостей матеріалів, у тому числі і їх поведінки в умовах впливу високих температур та динамічних навантажень [5].

На стадії проектування одним з основних завдань є визначення запасів міцності і початкового ресурсу безпечної експлуатації. При цьому в розрахунках міцності проектувальники використовують вихідні дані навантажень і впливів на конструкції. Розрахунки в загальному випадку виконують із застосуванням ПК (персональний комп'ютер) для визначення експлуатаційних впливів. У розрахунках, як правило [5], використовують дані про матеріали, які передбачають для застосування в якості несучих і огорожувальних конструкцій. Такі дані містяться в нормах, довідниках, прайс-листах підприємств-виробників, мережі Internet і т.п. При введенні споруд в експлуатацію все більшого значення набуває контроль їх стану з визначенням пошкоджень і залишкового ресурсу. Для цієї мети розробляють і створюють інформаційно-вимірювальні комплекси

натурних вимірювань з багатоточковою апаратурою для реєстрації дефектів і пошкоджень.

За результатами експлуатаційного контролю міцності та ресурсу уточнюють режими експлуатації, визначають залишковий ресурс. Перераховані заходи особливо важливі для складних і відповідальних об'єктів, якими є теплові і атомні електростанції й атомні електроцентралі [5].

Міцність і надійність будівель і споруд на трьох основних стадіях створення (проектування, будівництво, експлуатація) включають три елементи [5]:

- початкову (вихідну) інформацію про умови навантаження;
- розрахункові і експлуатаційні дані про номінальні і місцеві напруження в несучих конструкціях;
- критерії міцності для відповідних умов навантаження і основні розрахункові залежності.

Надійність будівлі залежить від зміни в часі величин діючих навантажень і несучої здатності будівельних конструкцій. На початок експлуатації - це певна величина, з плином часу вона змінюється, оскільки змінюються умови навантаження конструкцій, якість матеріалу, умови експлуатації. Весь час експлуатації умовно можна розділити на три періоди: період підробітки, період нормальної експлуатації і період інтенсивного зносу.

У період підробітки інтенсивність появи пошкоджень досить велика, оскільки проявляються всі дефекти заводського виготовлення будівельних конструкцій і суттєві відхилення зведення [6].

У період нормальної експлуатації кількість відмов зменшується. Згодом можуть проявитися раптові концентрації навантажень, протікання в стиках панельних будинків, промерзання кутів в період сильних холодів і т.п. У процесі

експлуатації змінюються фізичні властивості матеріалів, з яких виготовлені будівельні конструкції, отже, змінюється технічний стан всієї будівлі. Причому всі зміни носять випадковий характер. Те ж стосується зовнішніх, природних впливів.

Дані про умови експлуатації є вихідними для призначення основних розрахункових параметрів і наступних розрахунків міцності і ресурсу. До них відносять: механічні навантаження, корисні навантаження, зусилля попереднього напруження і т.п. В даний час будівлю можна віднести до складної системи, що вимагає уважного ставлення і професійного обслуговування. Складні системи завжди можна привести до декількох простих систем. Прості системи діляться на вищі і нижчі, значимість яких не однакова. Надійність будівлі, як складної системи, визначається стабільністю якості і ефективністю функціонування усіх простих систем [6].

Відмова – це подія, при якій порушується працездатність конструкції і відбувається подальше припинення функціонування.

Відмови класифікують [6]:

- за причиною появи;
- за швидкістю появи;
- за наслідками;
- за величиною чи діапазоном;
- за строком експлуатації.

Поступові відмови конструкцій є функцією часу і бувають викликані головним чином, старінням матеріалів, накопиченням внутрішньої механічної напруги. Раптові відмови конструкцій з'являються при перерозподілі і підсумовуванні в вузлах навантажень, в результаті дії додаткових зовнішніх навантажень, неврахованих поєднань навантажень. Поступову відмову

конструкцій можна виключити, якщо врахувати всі можливі зміни характеристик і параметрів у часі. Проте раптові відмови конструкцій випадкові, тому їх не можна повністю виключити або передбачити [6].

У процесі експлуатації дефекти накопичуються, змінюючись кількісно і якісно. Залишені без уваги незначні дефекти можуть привести до серйозних порушень цілісності конструкцій і навіть до аварій. Надійна робота будівельних конструкцій можлива в разі, якщо під час експлуатації приймаються ефективні заходи щодо усунення дефектів або обмеження їх шкідливого впливу.

Повноцінне вирішення проблеми надійності може бути досягнуто лише при комплексному здійсненні необхідних заходів на всіх стадіях будівництва та експлуатації будівельних конструкцій [7]:

- проектування з урахуванням характеристик надійності;
- технологічне забезпечення встановлених проектом характеристик якості і, перш за все, надійності;
- підтримання необхідного рівня якості конструкцій протягом усього терміну їх служби.

У даний час у переважній більшості випадків [7] проектування ведеться пасивним методом, при якому розрахунки міцності і стійкості елементів і конструкцій виконуються без урахування їх надійності. Природно, що такий стан не дозволяє керувати якістю будівництва і не відповідає вимогам сучасного рівня розвитку будівельної науки і техніки.

Оцінка якості будівництва повинна проводитися шляхом зіставлення проектних і дійсних характеристик надійності та інших кількісних показників якості [7].

1.2 Дефекти та пошкодження будівельних споруд

Джерелом усіх проблем, які виникають через фактори розглянуті вище, є дефекти і пошкодження конструкції споруд. Розглянемо більш детально дефекти і пошкодження в будівництві.

Кожний дефект у будівельних конструкціях є відхиленням від технічних вимог і може викликати порушення нормальної роботи споруди. Один дефект може викликати появу інших порушень. Правильно поставлена діагностика на ранній стадії дає можливість запобігти розвитку дефектів та обмежитися при цьому виконанням незначних робіт для їх усунення.

Дефекти в конструкціях будівель можна поділити на зовнішні (поверхневі) і внутрішні (глибинні), невидимі при візуальному огляді; на такі, що легко або важко усуваються; а також такі, які не розвиваються та розвиваються у часі від спільної дії навантаження й середовища [8].

У практиці будівництва зустрічаються різноманітні види дефектів. Так, у конструкціях із монолітного залізобетону часто [8] можна зустріти прошарки сміття, ґрунту, льоду, снігу, особливо в місцях стику стін і колон із фундаментами, в ростверках; пустоти, утворені в результаті зависання бетону при великому насиченні конструкції арматурою, а також під закладними деталями й гільзами для труб; грубі та пористі шви, що утворюються при перервах у бетонуванні і недостатньому очищенні та обробітці поверхні; наявність бетону, підданого заморожуванню в ранньому віці або не підданого необхідній тепловій обробці; розшарування і неоднорідну структуру бетону, викликану дією напірних вод на свіжовкладену бетонну масу або обезводнення її при пересушенні.

Зовнішні дефекти в основному належать до числа таких, що легко піддаються виправленню, у той же час, глибинні (внутрішні) дефекти можуть викликати необхідність виконання спеціальних робіт для їх усунення.

Кожен дефект характеризується причинами, що його викликали, розмірами, обсягом пошкоджень та прогнозом його можливого розвитку. Розглянемо основні види дефектів [8].

Нерівності є найбільш поширеним видом браку лицевої поверхні бетонних конструкцій. До нерівностей належать невеликі напливи, потовщення, гострі грані, порушення горизонтальних та вертикальних площин, випирання щебеню і гравію за поверхню конструкції. Нерівності можуть з'являтися у результаті використання неструганого дерев'яного або нежорсткої металевої опалубки, використання рулонних матеріалів в опалубці. Цей дефект знижує якість внутрішнього й зовнішнього опорядження приміщень, призводить до швидкого забруднення та лущення поверхні, затримки і накопичення вологи, виникнення вад при побілці й фарбуванні стін та стель і потребує проведення раннього ремонту після введення об'єкта в експлуатацію. Для усунення нерівностей потрібне затирання, штукатурення, шліфування й інші додаткові роботи [8].

Каверни - пустоти в бетоні неправильної або округлої форми розміром > 1 мм, тобто, більше часу і дрібніше печер. У ряді випадків причиною утворення каверн у бетоні може виявитися присутність в бетонній суміші дуже крупний заповнювач, який заклинюється між стінкою форми і арматурою. Тому дуже важливим є постійний контроль розміру заповнювача.

Розшарування викликається підтягнутою знизу водою, яка застряє під передчасно застиглою кіркою бетонної поверхні. Первинна причина - це фінішна обробка бетону до виходу води на поверхню. До обробки поверхні необхідно почекати, поки повітря і вода не вийдуть на поверхню. При фінішній обробці

розшарування визначити дуже важко. Воно стає помітним тільки після висихання поверхні при розтріскування від руху по бетону. Товщина розшарування 3-5 мм. Ці ділянки відокремлюються від лежачого під ними бетону, викликаючи появу дірок [9].

Вицвічування - великі ділянки бетону, які мають більш темну або світлу поверхню. На вицвічування впливають суміші хлориду кальцію, лужні цементи, сильна затирка поверхні, зміни в бетонній суміші. Хлорид кальцію прискорює гідратацію силікатів, але уповільнює гідратацію фериту в портландцементі. Феритова складова зазвичай стає світліше при гідратації, проте в присутності хлориду кальцію непрогідратований ферит залишається темним. Надмірне вицвічування може бути викликано спробою затерти бетон після того, як він став занадто твердим [9].

Раковини утворюються в результаті скидання бетону в опалубку з великої висоти, через недостатнє ущільнення, застосування жорсткої бетонної суміші, у результаті тривалого транспортування, під час якого бетонна суміш розшарувалася і почала схоплюватися. Найчастіше раковини з'являються в місцях найбільшої насиченості арматурою, важкодоступних та незручних для укладання і ущільнення бетону [8].

Відколи - конічні фрагменти, що відкололися від бетону, розміром 5-50 мм і до 300 мм в діаметрі. Зазвичай частина заповнювач залишається на дні відколу, а друга частина знаходиться на відколеному шматочку. Причина цього - пористий заповнювач з високою абсорбцією і маленькою питомою вагою. Через проникнення вологи в заповнювач він розбухає і створює тиск в бетоні, здатний його розірвати.

Зазвичай відколи викликають пірит, доломіт, вугілля, глинистий сланець, м'який вапняк і кремнієвий вапняк. Відколи також можуть виникати через тиск,

який утворюється під час хімічної реакції між лужними гідроксидами в бетоні і активним кременистим заповнювачем [9].

Порожнечі - це один з найбільш серйозних дефектів, який може привести до обвалення всієї конструкції, тому його потрібно виправляти негайно. Найчастіше порожнечі можуть бути величезних розмірів і навіть оголювати арматуру. Вони часто зустрічаються і з'являються, як правило, внаслідок не проходження бетону на певній ділянці. Порожнечі іноді досягають таких розмірів, що повністю оголюється арматура, утворюються наскрізні розриви в конструкціях і порушується їх монолітність [10].

Спучення бетону відбувається в результаті підвищення лужного середовища. Руйнується захисна плівка арматури, відбувається корозія металу. Навколо таких місць бетон спучується, розшаровується і може навіть відламуватися. У результаті кисень і волога отримують доступ до ще більшої внутрішньої площі конструкцій і руйнування тривають. Корозія, яка виникає через вплив карбонатів, виникає найоб'ємніші деформації [11].

Тріщини в бетонних і залізобетонних конструкціях можуть виникнути внаслідок дії навантажень або внутрішніх напружень. Вони можуть бути обумовлені незадовільним статичним розрахунком конструкції або її конструктивними недоліками. Крім того, вони можуть бути пов'язані з технологічними властивостями бетону і можуть виникнути як у свіжоукладеному бетоні, так і в бетоні, який вже набрав міцність. Арматура, яка кородує може бути також причиною утворення тріщин в залізобетоні. Для основної маси тріщин в залежності від причини утворення тріщин існує певний типовий зовнішній вигляд тріщини, її розташування та проходження.

Основні причини утворення тріщин можуть бути наступні [12]:

- усадка свіжоукладеного бетону;

- втрата (відтік) гідратаційного тепла;
- усадка (висихання) бетону;
- зовнішні температурні впливи;
- зміна умов обпирання конструкції;
- механічна напруга від внутрішніх сил;
- зовнішні навантаження;
- мороз;
- корозія арматури.

Деформації виникають у результаті дії окремого яскраво вираженого порушення ряду факторів або які не тільки змінюють зовнішній вигляд конструкції, але й можуть різко зменшити її міцність і несучу здатність. Характер розвитку деформацій установлюється на основі натурного обстеження, геодезичних зйомок, інструментальних вимірювань та спостережень.

Недопустимі за величиною деформації [8] можуть бути викликані як статичними, так і ударними, вібраційними, динамічними навантаженнями, помилками в розрахунках, недоліками в конструюванні, низькою якістю матеріалів, порушенням технології виготовлення та монтажу. До деформацій конструкцій можуть призвести підкопи під фундаменти, зволоження основ, зсув шпунтових огорож.

Пошкодження, пов'язані зі втратою міцності і несучої здатності конструкцій, можуть супроводжуватися перекосами, зсувами, осіданням та зміщенням окремих конструкцій.

Не можна допускати, щоб ослаблені (конструкції з дефектами) переходили в аварійний або непридатний для нормальної експлуатації стан. Захист і посилення таких конструкцій повинні виконуватись до настання їх критичного стану [8].

1.3 Новітні рішення у сфері надійності будівельних конструкцій

На даному етапі розвитку людства спостерігається збільшення кількості населення разом з вичерпністю природних ресурсів. Тому перед вченими та інженерами стоїть завдання розробляти нові матеріали та технології в цивільному та промисловому будівництві, що повинні забезпечити швидкий, економічний та екологічний процес будівництва. Проблема економічності полягає не лише в економному зведенні будинку, а й в економній експлуатації будинку, тобто в енергоефективності [13].

Як зазначають фахівці [13], у наш час надзвичайно перспективною технологією швидкого спорудження енергоефективних будівель є технологія «Термодім», яка базується на використанні блоків незнімної опалубки з пенополістиролу (термоблоків). Ця технологія є подібною до методу монолітного будівництва, де також на місці будівництва бетоновмісна суміш заливається в спеціальну форму (опалубку), яка надає потрібної форми монолітним бетонним чи залізобетонним конструкціям. Але в технології «Термодім» опалубку не знімають - вона залишається частиною стіни і виконує функції тепло-, звуко-, гідроізоляції тощо [13].

Основною перевагою застосування такої опалубки є те, що збудована стіна представляє собою багатошарову захисну конструкцію з необхідним опором теплопередачі, яка будується за один технологічний цикл. Тобто стіна забезпечує зниження витрат на обігрівання й охолодження будинку в процесі його експлуатації, що в умовах подорожчання теплоносіїв стає одним із найважливіших чинників, які впливають на вибір забудовником тієї чи іншої технології будівництва.

Завдяки технології «Термодім» можна суттєво скоротити терміни будівництва за рахунок того, що при її застосуванні прокладання

електропроводки, вентиляційних каналів і каналізаційних труб може виконуватися одночасно з укладанням термоблоків (до заповнення їх бетоном). Прокладені таким чином мережі є надійно захищеними за допомогою монолітного бетону і за рахунок цього можуть мати більший термін їхньої безаварійної експлуатації. Витрати на будівництво при цьому скорочуються на 20—35%, порівняно із спорудженням будинку з цегли [14].

Незважаючи на те, що пінополістирольні блоки великі за розміром, вони дуже малі по масі. Тому, процес будівництва стін дуже простий для будівельників початківців. Важливою перевагою таких блоків є можливість вибору різних за конфігурацією стін. Заводи, які виробляють такі стіни можуть виготовити стіну за будь-якими, навіть нестандартними проектами.

Каркасну технологію зведення використовують для будівництва не лише індивідуальних житлових будинків. Основою будинку є міцний каркас з оцинкованого металу, який попередньо виготовляють на заводі. Такий каркас не деформується від перепаду температур і атмосферних явищ. Паралельно виготовленню каркасу йде підготовка фундаменту для будинку.

Готовий каркас на місці будівництва монтується від одного до декількох днів. Наступним кроком є обшивка готовими модулями – покрівельними панелями, стіновими, перекриттями і ін. Наповнювачем каркасу найчастіше використовують мінераловатний утеплювач.

Перевагами такої технології є [14] висока якість і надійність, а також довгий термін експлуатації будинків, низька кількість втрат тепла, економічність, а також комфортне і безпечне побутове середовище.

Будівництво будинку з ґрунту – не зовсім нова технологія. З винаходом нового ручного електрифікованого інструменту для ущільнення ґрунтових мас та інших сумішей ця технологія стала знову актуальною та популярною в деяких

країнах. Завдяки інструменту можна виготовляти безліч деталей відразу на місці зведення. Термін будівництва будинку за цією технологією площею 50 м² займає близько 30 днів.

Перевагами методу будівництва з ґрунту є економічність і екологічність. Якщо будинок будується без підвалу, то ґрунту, вийнятого для влаштування фундаменту, вистачить для будівлі стін одноповерхового будинку. Ще одна перевага – економія на опаленні, оскільки, в порівнянні з цегельним будинком, для підтримки кімнатної температури потрібно набагато менше енергії. До того ж такі будинки не горять, вогонь, навпаки, робить стіни більш міцнішими [14].

Додавання невеликої кількості різних добавок до ґрунту дасть можливість забезпечити витривалість, стійкість та міцність будівельним блокам. Прикладом надійності такого будинку є Пріоратський палац, стіни якого зведені із утрамбованого ґрунту в 1798 році.

Одним недоліком такої технології є те, що після дощу на поверхні будинку виступають солі, які містяться в ґрунті. Як результат – постійно помітні соляні потоки [14].

Технологія зведення «ЕкоКуб» заснована на застосуванні солом'яної маси, як основного інгредієнта для виробництва блоків, що мають форму правильного прямокутника. За рахунок впливу преса сировина ущільнюється, завдяки чому її жорсткість зростає в рази. Потім кожна плита окремо проходить додаткову обробку, у ході якої вона оснащується своєрідним каркасом, в якому розташовується кілька отворів, виготовлених завчасно.

Процес будівництва не відрізняється особливою складністю або трудомісткістю, розробники технології стверджують, що з усіма операціями досить легко може впоратися будь-яка людина, навіть якщо у неї немає наявності спеціалізованого обладнання [15].

Разом з розробкою технологій, науковці розробляють безліч ефективних матеріалів для будівництва.

Глина, деревна стружка і вода з'єднуються воедино і обпікаються при дуже високих температурах у тунельних печах. Так з'являються натуральні керамічні блоки, які створюють гармонію і затишок у кожному будинку.

З ними будинок буде зберігати тепло і одночасно вентилюватися. На відміну від різних теплоізоляційних матеріалів, ТеплоКерам – виключно натуральний утеплювач. На ньому не з'являється цвіль, грибок і конденсат.

Він на 100% стійкий до спалаху, має низьке водопоглинання і хорошу паропроникність.

Переваги керамічних блоків – це довговічність, екологічність, енергоефективність, міцність, вогнетривкість, морозостійкість, високі звукоізоляційні властивості, здатність стабілізувати вологість у приміщенні, невелика вага і зручні розміри [16].

Вчені з Університету Західної Англії в Брістолі розробляють розумні цеглини, які будуть використовуватися як мікроорганізми, щоб переробляти стічні води, виробляти електроенергію і виділяти кисень.

Мікробні паливні елементи, які будуть вбудовані в цеглу, щоб дати їм їх «розумні» функції, у процесі минулих досліджень показали свою ефективність. Наприклад, вони можуть бути використані для отримання електрики з багатьох відходів або просто з пилу і сміття.

Залежно від того, як вони «запрограмовані» такі стіни зможуть переробляти забруднену воду, вуглекислий газ, сонячне світло, водорості, бактерії і поживні речовини, і, у свою чергу, виробляти чисту воду, кисень, світло, тепло, біорозкладні миючі засоби [17].

З розвитком побутової електронної техніки та інших внутрішньобудинкових технологій виникає потреба розвитку альтернативних джерел енергії.

Команда дослідників з Університету Альберти створила сонячні елементи у вигляді спрею з наночастинками цинку і фосфору. Ці сонячні батареї настільки малі і гнучкі, що ними можна буде малювати на поверхні.

Якщо кожен домовласник розпише свій дах такою сонячною фарбою, то зможе виробляти більше ніж достатньо енергії для дому, зменшивши таким чином залежність від викопного палива. Крім того, сонячна фарба дешевша у виробництві, ніж традиційні сонячні батареї. Сонячні батареї, які використовуються у цій фарбі, поки не дуже ефективні, але науковці працюють над цією проблемою [18].

Розробники проекту TERMES з Гарварду "підгледіли" ідею у термітів. Терміти можуть будувати великі структури у відсутність центрального управління. З цією метою вони просто несуть шматок бруду на місце першого будівельного майданчика. Якщо він зайнятий, несуть до наступного місця.

Проект TERMES застосовує ту ж ідею ройового будівництва, але використовує маленьких роботів. Ці прості недорогі дрони будують структури, дотримуючись початкового дизайну і викладаючи блоки у перше ж доступне місце, поки структура не буде завершена. Рой зовсім не вимагає втручання людини після первісної постановки завдання.

Ройові структури ідеально підходять для будівництва у важкодоступних і небезпечних місцях. Наприклад, на атомних станціях, глибоко під водою, землею, високо в горах і в космосі. Вони можуть зберегти людині здоров'я і вберегти її від нещасних випадків [18].

Різні науковці пропонують новітні рішення у сфері надійності будівельних конструкцій за допомогою моделювання. Ці рішення зв'язані з будівництвом не тільки як із процесом, а ще і як з об'єктом, який експлуатують, з наявними йому системами життєзабезпечення.

Землетруси показали, що будівлі з залізобетонними конструкціями та нерегулярним гравітаційним навантаженням були дуже уразливі для сильного землетрусу. Багато з них впали і привели до загибелі людей, а також втрати матеріалів. Отже, щоб запобігти майбутнім лихам, цей тип будівель повинен бути посилений проти землетрусу. Chandra J., Warnitchai P. у своїй статті [19] навели приклад інноваційного підходу до сейсмічного посилення типового шестиповерхового житлового будинку з м'яким слабким першим поверхом з використанням фіксованих скоб. Сейсмічні характеристики вихідної будівлі і модифікованої будівлі порівнюються з використанням тривимірного нелінійного динамічного аналізу історії часу в OpenSees. Результати аналізу показують, що інноваційний підхід до сейсмічного посилення для нерегулярних каркасних будинків з використанням фіксованих скоб може значно зменшити максимальні зноси, а також пошкодження будівель, що сприяє зниженню ризику обвалення будівлі під час землетрусу [19].

Rongda Ye, Xiaoming Fang, Zhengguo, Xuenong Gao у своїй статті про підготовку, механічні та теплові властивості цементного картону з композитно фазовим перехідним матеріалом на основі спученого перліту для поліпшення теплоізоляції будівель продемонстрували механічні властивості, теплопровідність та продуктивність зберігання теплової енергії будівельних елементів з цементу та формостійких матеріалів PCM-Rubithermr RT 28 HC (RT28) / композитного фазового переходу з розширеним перлітом (РП). Показано, що уявна щільність і міцність стиснення композитних кубів лінійно

зростає з масовою часткою RT28 у порівнянні з теплопровідністю фотопланчастих композицій, а також теплопровідністю композитних дошок, що містять RT28 [20].

У статті Р. Осінського та Г. Баку [21] розповідається про вплив неоднорідності бетону на пружну реакцію динамічно напруженого об'єкту. Було представлено результати аналізу впливу неоднорідності матеріалу на збереження кубовидних бетонних зразків в умовах динамічного навантаження. Гетерогенність випадково застосовували до основних механічних параметрів: щільності маси і модуля деформованості бетону. Вони впливають на швидкість хвилі в реагуючому бетоні лінійно-пружної. Лабораторні тести, проведені за допомогою ультразвукового методу, показують, що значення оцінки швидкості поздовжніх хвиль в бетоні становлять $(3,0 \div 5,0)$ [км / с]. Випадкові значення механічних параметрів були встановлені як взаємно корельовані для підтримки цього діапазону. Результат чисельного аналізу хвильової реакції прямокутного зразка бетону був отриманий за допомогою диференціальної дискретизації, яку трансформували у тривимірну квазімезоструктурну модель. Надмірна неоднорідність бетону була виявлена ініціацією нестабільних процесів деформації.

У роботі Зачко О.Б. та Головатого Р.Р [22] йдеться про мультиагентну імітаційну модель керуванням безпекою при плануванні проектів створення об'єктів з масовим перебуванням людей. У даній роботі вони провели аналіз проблем моніторингу та прогнозу надзвичайних ситуацій в проектах створення об'єктів з масовим перебуванням людей. Розробили концептуальну модель одноканальної системи масового обслуговування в проектах створення об'єктів з масовим перебуванням людей (ОМПЛ). Запропоновали використання та математично описали принцип дії алгоритмів: бджолиних колоній, мурашиних

потоків та зозулі у проектах створення ОМПЛ. Створили імітаційну модель життєвого циклу функціонування продукту проекту створення ОМПЛ.

Імітаційне моделювання також застосовується у моделюванні міцності несучих конструкцій об'єктів залізничної інфраструктури, про що і написав Колосков В.Ю. Для оцінки міцності і надійності експлуатації пропонується використовувати імітаційне моделювання. Розглядається функціонування системи забезпечення безпеки і міцності несучих конструкцій об'єктів залізничної інфраструктури. Складено імітаційно-математичну модель за блочно-модульним принципом [23].

При розподілі ресурсів та техніко-економічній оцінці ефективності інноваційно-інвестиційних проектів будівництва споруд за неповної вихідної інформації теж використовуються імітаційні моделі, про що писала Федотова С.Ю. У роботі [24] наведені результати дослідження розподілу ресурсів та техніко-економічна оцінка ефективності інноваційно-інвестиційних проектів будівництва споруд за неповної вихідної інформації за допомогою методів імітаційного моделювання. По результатам роботи видно, що за допомогою моделювання забезпечується високий рівень достовірності проектних рішень.

В.Б. Задоров та О.О. Васильєв [25] представили математичні моделі об'єктів і процесів будівництва в середовищі мови імітаційного моделювання «АІМО». Було розглянуто систему математичних моделей опису та імітаційного моделювання об'єктів і процесів технології будівництва із застосуванням мови «АІМО». Наведено опис процесу імітаційного моделювання, основної функції імітаційного моделювання: аналізу і комплексної оцінки проектних рішень на всіх етапах системи підготовки і управління будівництвом, математичне представлення задачі динамічного програмування організаційно-технологічних

процесів, опис системи обліку ризиків при виконанні моделювання цільових процесів будівництва.

У статті А.А. Басалаєва [26] розглядається підхід до побудови розподіленої імітаційної моделі централізованої системи теплопостачання будівель з використанням ЕОМ у середовищі імітаційного моделювання VisSim. Представлений підхід заснований на поділі моделі на взаємопов'язані підсистеми, моделювання яких може проводитися на вузлах обчислювальної мережі одночасно. Він запропонував способи синхронізації підсистем, які були отримані в результаті поділу вихідної моделі. Розповів про переваги і недоліки запропонованих способів синхронізації. Надані результати моделювання систем теплопостачання з різною кількістю споживачів підтверджують, що швидкість розрахунку моделі з великою кількістю елементарних обчислювальних блоків і нелінійних рівнянь збільшується при поділі її на взаємопов'язані підсистеми.

Д.П. Каменський та Н.А. Гаряєв [27] у своїй роботі про застосування імітаційного моделювання у системах життєзабезпечення будівель розповіли про те, як можна керувати і аналізувати системи за допомогою імітаційного моделювання. Висновком їх роботи було те, що аналіз систем життєзабезпечення будівель за допомогою імітаційного моделювання може підвищити ефективність оперативного керування, а при стратегічному плануванні економія може досягати десятків відсотків від вартості проекту.

У іншій своїй роботі про імітаційне моделювання та систему підтримки прийняття рішень розповіли Д.П. Каменський та Н.А. Гаряєв - як застосовується імітаційне моделювання у системах пожежної безпеки. Були проведені експерименти на основі імітаційної моделі, які показують, що можна передбачити поведінку людей і закласти цю реакцію, щоб потім можна було її перерахувати [28].

Про імітаційне моделювання будівлі з індивідуальним тепловим пунктом у своїй роботі [29] розповіли Е.В. Сафонов, К.О. Разнополов, Ю.Л. Бондарев. Вони розробили термодинамічну модель окремої будівлі, підключеної до мережі центрального тепlopостачання. Модель реалізована у вигляді набору фізично обумовлених підсистем (імітаційних блоків). Модель була створена для тестування і оцінки нових методів управління сучасними системами центрального тепlopостачання. Ця модель успішно може бути застосована при моделюванні і прогнозуванні енергетичних потреб будівель. При підключенні декількох моделей домів модель може імітувати більші частини теплових мереж.

Castell A., Medrano M. і Goia F. у статті [30] розглянули системи огорожувальних конструкцій, які інтегрують фазозмінні матеріали, які є рішеннями, спрямованими на збільшення потенціалу зберігання теплової енергії в оболонці будівлі, зберігаючи при цьому його масу досить низькою. Компоненти оболонкових конструкцій з фазозмінними матеріалами можуть бути або непрозорими, або прозорими і можуть бути засновані на різних типах фазозмінних матеріалів та методах інтеграції. На відміну від звичайних будівельних компонентів, ці елементи мають теплові та оптичні властивості, які є високо нелінійними і значною мірою залежать від граничних умов. Така характеристика вимагає, щоб процес розробки та оптимізації системи під час етапу проектування здійснювався з особливою ретельністю для досягнення бажаної продуктивності. У даній роботі наведено огляд існуючих можливостей моделювання різних інструментів моделювання енергії будівель для компонентів оболонки на основі фазозмінних матеріалів, а також основні проблеми, пов'язані з моделюванням цих систем за допомогою найпопулярніших інструментів моделювання енергії будівель (серед них виділяються EnergyPlus, IDA-ICE, TRNSYS, IES-VE і ESP-r). Метою даної роботи є узагальнення доказів,

отриманих в літературі про останні досягнення в успішному використанні інструментів моделювання енергії будівлі для відтворення теплової та оптичної поведінки непрозорих і прозорих компонентів інтегрованих фазозмінних матеріалів, щоб надати спільноті професіоналів огляд доступних інструментів та їх обмежень.

Як бачимо, у світі багато рішень щодо надійності будівельних конструкцій. Ці досягнення не межа, з роками з'являється все більше і більше шляхів вирішення проблем, які не обмежуються тільки будівельною сферою.

1.4 Огляд робіт інших авторів за темою дисертаційних досліджень

Імітаційне моделювання дуже поширене у сфері будівництва . На цю тему існує багато наукових робіт різних авторів, у яких представлено застосування моделювання для вирішення наявних проблем, його недоліки та переваги. Далі будуть розглянуті роботи, пов'язані з імітаційним моделюванням статичних і динамічних впливів на будівельні конструкції.

С.А. Цибульник у дисертації на тему «Вдосконалення засобів функціональної діагностики та захисту резервуарів на основі імітаційного моделювання» [31], провів геометричне та імітаційне моделювання резервуара, як будівельної конструкції, для того, щоб у подальшому оцінити вплив елементів його конструкції на зміну величини вітрового потоку. Було встановлено функціональну залежність максимального тиску на стінки резервуара від швидкості вітрового навантаження. Розроблено та досліджено ефективність засобів захисту резервуарів з наземним та підземним фундаментами. Була оцінена адекватність використаних імітаційних моделей.

В.Ю. Колосков опублікував актуальну статтю [32] про моделювання міцності несучих конструкцій будівель під час пожежі. У даній статті було

побудовано математичну модель міцності елементу несучої конструкції при комплексному температурно-силовому навантаженні, яке змінюється в часі та розроблено імітаційну модель системи, яка буде забезпечувати безпеку при пожежі.

В. І. Данілов у своїй роботі [33] застосував імітаційне моделювання для деформаційно-міцнісних властивостей проектувальних фундаментних плит при можливих природніх та техногенних збуреннях. За допомогою експериментів можливо обирати фундамент потрібної товщини, класу бетону і т.д.

У іншій своїй роботі [34] В.І. Данілов з Кошеворовою Г.Г. використали імітаційне моделювання для проектів безпечної реконструкції існуючих забудов, розміщених на територіях розвитку карсту. Чисельними дослідженнями встановлена можливість вирішення проектувальної задачі про безпечну реконструкцію на закарстованій території з плином виходу на поверхню карстових воронок. Обґрунтовані варіанти конструкції посилення існуючої будівлі.

Аналіз електромагнітної обстановки всередині будівель при впливі розряду блискавки розглянув З.М. Гізатулін. Було проведено аналіз ефективності екранування залізобетонних стін споруд на основі імітаційної моделі шляхом розрахунків із застосуванням аналітичних моделей. Доведено, що імітаційна модель, на відміну від аналітичної, дає можливість повноцінно врахувати розподіл досліджуваного електромагнітного поля всередині приміщення [35].

Дюкина Н.С., Баженов В.Г та Артем'єва А.А. у своїй статті [36] про моделювання споруд при дрібнофокусних та глибокофокусних землетрусах, запропонували чисельну методику моделювання сейсмостійкості заглиблених великогабаритних споруд, яка враховує контактну взаємодію з ґрунтом, полем сили тяжіння, неоднорідностей ґрунтової середи і розташування гіпоцентру землетрусу. Запропоновані способи моделювання дрібнофокусних та

глибокофокусних землетрусів. Показано, що розташування джерела сейсмічного впливу надає різний вплив на поведінку різноманітних типів споруд при землетрусі.

У статті «Динамічний розрахунок будинків на вітрові навантаження з урахуванням пульсаційної складової» [37], котру написали Кравченко Г. М., Труфанова О.В. та Долженко А.В. було розглянуто розрахунок каркаса будівлі за просторовою плитно-стрижневою схемою з урахуванням вітрових впливів методом скінченних елементів. Отримані горизонтальні переміщення вузлів з урахуванням і без урахування пульсаційної складової вітрового навантаження. За результатами розрахунку зроблені висновки та надано рекомендації щодо обліку пульсаційної складової вітрового навантаження.

Про динамічний моніторинг споруд і конструкцій для контролю їх сейсмостійкості у своїй статті [38] розповіли Завалішин С.І., Шаблинський Г.Е., Румянцев А.А. У роботі досліджувався стан будівлі під дією вібростани дебалансного типу направленої дії. Експерименти показали, що крім спрямованої дії вібратори створюють і концентричні сейсмічні хвилі, що викликають повздовжні коливання будівлі. У результаті випробувань будівлі отримані амплітуди прискорень і зсувів по його висоті і довжині.

У статті про моделювання вітрового впливу на ансамбль висотних будівель за допомогою багатоблокових обчислювальних технологій [39], котру написали С.А. Ісаєв, П.А. Баранов, Ю.В. Жукова, А.А. Терешкіна та А.Е. Усачьов. Було проведено чисельне моделювання впливу кривизни ліній струму моделі переносу зсувних напружень, з використанням багатоблокових обчислювальних технологій. Показано, що нестационарна аеродинаміка архітектурних ансамблів з щільним компонуванням висотних будівель має характерні риси, властиві тандамам поганообтічних тіл, причому пульсуючі навантаження на будівлю,

розташовані з підвітряного боку, багато в чому обумовлюються самоорганізацією струменево-вихрових структур в просторі між будинками.

В.Г. Баженов, С.В. Зефіров, П.В. Лаптев, Н.С. Дюкина у своїй статті [40] про чисельне моделювання задач взаємодії споруд з двошаровою основою при сейсмічних впливах розробили математичну модель і методику чисельного моделювання поведінки будівель, споруд при сейсмічних коливаннях з урахуванням ефектів контактної взаємодії з ґрунтовою підставою, яка ґрунтується на скороченні розмірів розрахункової області і визначенні граничних значень імпульсів сейсмічного навантаження, що забезпечують достатню точність відтворення заданих акселерограм на поверхні півпростору.

У роботі Кічаєва О.В. на тему [41]: «Моделювання будівель, що експлуатуються у складних інженерно-геологічних умовах, при статичних і динамічних впливах» були проведені чисельні дослідження, які показали адекватність прийнятої розрахункової моделі будівлі пожежного депо, що ілюструється зіставленням реальної картини деформування з результатами чисельного моделювання. Результати сейсмічного розрахунку вказують на дефіцит сейсмостійкості даної будівлі, в зв'язку з чим необхідний комплекс заходів щодо приведення будівлі у відповідність з нормами сейсмостійкого будівництва.

Про взаємодію конструкцій Зімненського монастиря із ґрунтовою основою при сейсмічних впливах у своїй статті [42] писав В.А. Сахаров. У роботі представлені чисельні дослідження напружено-деформованого стану будівлі при дії сейсмічного навантаження з урахуванням нелінійного деформування ґрунтів. Розкрито принципи побудови розробленої моделі ґрунту, що враховує особливості деформування при динамічному навантаженні. Моделювання

проведено в тривимірній постановці на базі автоматизованої системи наукових досліджень «VESNA-DYN» за модифікованим явним методом.

У статті Куприянова В.Н. , Альтапова С.Р. [43] розглядається моделювання вітрових впливів зміною форми споруд. У даній роботі показані траєкторії вітрових потоків і зміна швидкостей вітру при обтіканні будівель різних форм. Використовуються комп'ютерні програми для аналізу зміни вітрового тиску на будівлі різних форм.

У статті [44] наведено експериментальні результати для залізобетонних колон з жорстким закріпленням при статичному навантаженні. Випробування проводилися як при центральному стиску, так і при різних ексцентриситетах. Отримані величини руйнівних навантажень для різних ексцентриситетів.

Моделювання роботи будівельних конструкцій, які експлуатують при передачі динамічних впливів через ґрунтовий масив у своїй статті [45] розглянув В.А. Банах. Були проаналізовані фактори, які впливають на міцнісні характеристики будівельних конструкцій у складних інженерно-геологічних умовах. Показаний вплив динамічних збурень (у тому числі від міського транспорту) на експлуатовані будівлі. Досліджені особливості врахування таких збурень при формуванні розрахункових моделей будівель. Приведені рекомендації щодо моделювання роботи будівельних конструкцій з урахуванням деформованої схеми будівель при динамічних збуреннях.

У своїй статті Mario Lucio Puppio, Martina Pellegrino 1, Linda Giresini, Mauro Sassu [46] розглянули вплив мінливості матеріалу на сейсмічну вразливість залізобетонних будівель. Існуючі будівлі схильні до сильного розсіювання матеріальних сил обох основних речовин. Це впливає на сейсмічну реакцію в лінійних і нелінійних статичних аналізах. У якості еталонної моделі представлено аналіз двоповерхового будинку з симетричним планом, але асиметричним

розподілом матеріалу. Крім того, проведено аналіз двох реальних будівель з подібною проблемою. Експериментальні дані генерують випадкові розподіли матеріалів для здійснення імовірнісного аналізу.

Rodrigues Н. з іншими співавторами у своїй статті [47] про вплив сейсмічного навантаження на зміну осьового навантаження у залізобетонних колонах провів експериментальні випробування, які показали важливість зміни осьового навантаження при сейсмічній реакції залізобетонної колони. Були змодельовані три залізобетонні структури за допомогою програмного забезпечення SeismoStruct, які піддавались нелінійному статичному і динамічному аналізу. За результатами роботи можна зробити висновок, що зміна осьового навантаження вища в нижній частині колони і зменшується з висотою колони. Довели, що кутові колони досягли більших варіацій осьового навантаження, ніж фасадні та центральні.

1.5 Мета та задача дослідження

Для досягнення цієї мети треба було сформулювати і вирішити наступні задачі:

- провести аналіз проблем надійності будівельних конструкцій;
- провести аналіз дефектів та пошкоджень будівельних споруд;
- провести огляд новітніх рішень у сфері надійності будівельних споруд;
- розробити тривимірну модель у середовищі SolidWorks;
- провести імітаційне моделювання на базі тривимірної моделі, прикладаючи до неї динамічні збурення;
- зробити оцінку впливу динамічних збурень на міцність споруди, проаналізувати отримані дані.

РОЗДІЛ 2

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Огляд видів будівель та вибір об'єкту дослідження

Сучасна класифікація житлових будівельних об'єктів налічує в собі безліч різних типів будівель, як традиційних, так і нових розробок, обумовлених швидким розвитком архітектурно-будівельного проектування.

Сучасна класифікація об'єктів житлового будівництва вкрай різноманітна, тому що даний вид будівельної діяльності сягає своїм корінням в глибоку старовину. У типології представлені як традиційні будівельні об'єкти, так і унікальні сучасні розробки. Обумовлено це надзвичайною динамічністю розвитку архітектурно-будівельного проектування житлових і промислових будівель.

Процес вдосконалення та уніфікації проектів йде безперервно, що дозволяє по-різному трактувати термін «житловий будинок» і як наслідок по-різному вибудовувати класифікацію даних об'єктів будівництва.

Загальноприйнята типологія житлових будинків ґрунтується на параметрі поверховості. Він обраний не випадково, тому що дозволяє за допомогою класифікації визначати необхідну кількість поверхів для того чи іншого проектованого житлового будинку в залежності від типу будови. Також враховуються умови проживання, ступінь пожежної безпеки, різні конструктивні і економічні показники [48].

Наприклад, поверховість садибного будинку зазвичай не перевищує двох, тому що в іншому випадку будинком буде незручно користуватися з

функціональних міркувань, при цьому конструктивно він сильно відрізняється від будинків інших видів. Коли кількість поверхів в будинку більше п'яти, то необхідно встановлювати ліфт, якщо більше 10-ти поверхів, то кількість ліфтів збільшується до двох.

Межі групи також визначаються нормованим видом позаквартирних сходів - в спорудах вище 9-ти поверхів, вона повинна бути незадимлюваною. Будинки, чия поверховість понад 16-и, мають більш жорсткі критерії по стійкості і міцності конструкції [48].

В українській практиці будівництва житлових будинків на догоду економічним характеристикам враховується, як правило, верхня межа кількості поверхів у групі. Наприклад, якщо розглянути групу будинків, що не оснащених ліфтом, то виявиться, що в даному сегменті масово переважають допустимі за нормами 5-й поверхові будинки з низьким рівнем комфортабельності. У групі багатоповерхових будівель (від 6 до 9 поверхів) масовим попитом користувалися тільки 9-ти поверхові об'єкти, тому що тільки в таких будівлях даної поверхової групи ліфт використовується максимально ефективно. Схожих прикладів можна знайти достатньо. В Європі, Америці дані тенденції не спостерігаються, що в підсумку позначається на «різноповерхові» масової житлової забудови.

Житловим визнається приміщення, призначене для проживання громадян і відповідає встановленим санітарним, протипожежним, містобудівним і технічним вимогам.

Житловий будинок - самостійний об'єкт, що має свої ознаки. Житловим будинком називають споруду (будову), призначену для проживання людей і яка відповідає відповідним будівельним, технічним, протипожежним, санітарно-гігієнічним вимогам. Іноді термін "житловий будинок" вживається в більш широкому значенні і охоплює також земельну ділянку, на якій знаходиться

будинки, підсобні господарські будівлі, багаторічні зелені насадження (іноді в якості рівнозначного використовується термін "домоволодіння" [49].

На практиці зустрічаються будови змішаного типу, в яких поряд з житловими є також нежитлові приміщення: адміністративні, лікувальні, комунально-побутові та т.п. Житлові приміщення, розташовані в таких будинках, входять до складу житлового фонду. У складі житлових приміщень (житлових будинків) особливо виділяються квартири і житлові кімнати, які безпосередньо служать житлом для громадян.

Для характеристики житлового приміщення важливо також відзначити виділення всередині приміщення: 1) корисної (загальною) площі, . Площі всіх житлових кімнат квартири і наявних в ній допоміжних приміщень - коридорів, кухні, ванної кімнати та ін., І 2) житлової площі , яка включає тільки площа житлових кімнат, в тому числі площа спальних і столових кімнат, кімнат для ігор, навчання і відпочинку, а також площа утеплених терас і веранд, обладнаних для проживання [49].

Житлове приміщення - це не будь-яке приміщення або будівля, що використовується для проживання, а тільки функціонально призначене для проживання, придатне по санітарним і технічним характеристикам до постійного проживання [50].

Житлові будинки підлягають класифікації [50].

1. За своїм призначенням. По контингенту заселення, для якого вони призначені, і часу проживання житлові, будівлі підрозділяють на чотири основні види:

- житлові квартирні будинки для родинного заселення і постійного проживання;

- гуртожитки для тимчасового (тривалого) проживання робітників на період роботи та учнівської молоді на час навчання;
- готелі для короткочасного проживання періодично змінюються контингентів приїжджають з інших населених місць;
- інтернати для постійного проживання інвалідів та людей похилого віку.

У масовому житловому будівництві основний вид житлових будинків (більше 90%) - квартирні будинки, призначені для родинного заселення.

2. По поверховості житлові будинки підрозділяють на:

- малоповерхові (1 - 2 поверхи) (рис. 2.1 [51]);



Рис. 2.1 - Малоповерхова споруда

- середньої поверховості (3 - 5 поверхів) (рис. 2.2 [52]);



Рис. 2.2 - Середньоповерхова споруда

- багатоповерхові (6 і більше поверхів) (рис. 2.3 [53]);



Рис. 2.3 - Багатоповерхова споруда

- підвищеної поверховості (11 - 16 поверхів) (рис. 2.4 [54]);



Рис. 2.4 - Споруди підвищеної поверховості

- висотні (понад 16 поверхів) (рис. 2.5 [55]).



Рис. 2.5 - Висотні споруди

3. За кількістю квартир на:

- одноквартирні (індивідуальні);
- двоквартирні;
- багатоквартирні.

4. За своєю об'ємно-планувальної структури:

- секційні;
- коридорні;
- галерейні;
- коридорно і галерейно секційні;
- блоковані.

5. За матеріалами несучих конструкцій (стін, покриттів, колон) житлові будівлі підрозділяють на:

- кам'яні;
- дерев'яні;
- змішаного типу.

2.1.1 Розробка тривимірної моделі дев'ятиповерхового будинку

Для нашого дослідю обрано багатоповерхову будівлю – дев'ятиповерховий тридцяти-шестиповерховий дім. Креслення за допомогою якого була розроблена тривимірна модель зображена на рис. 2.6.

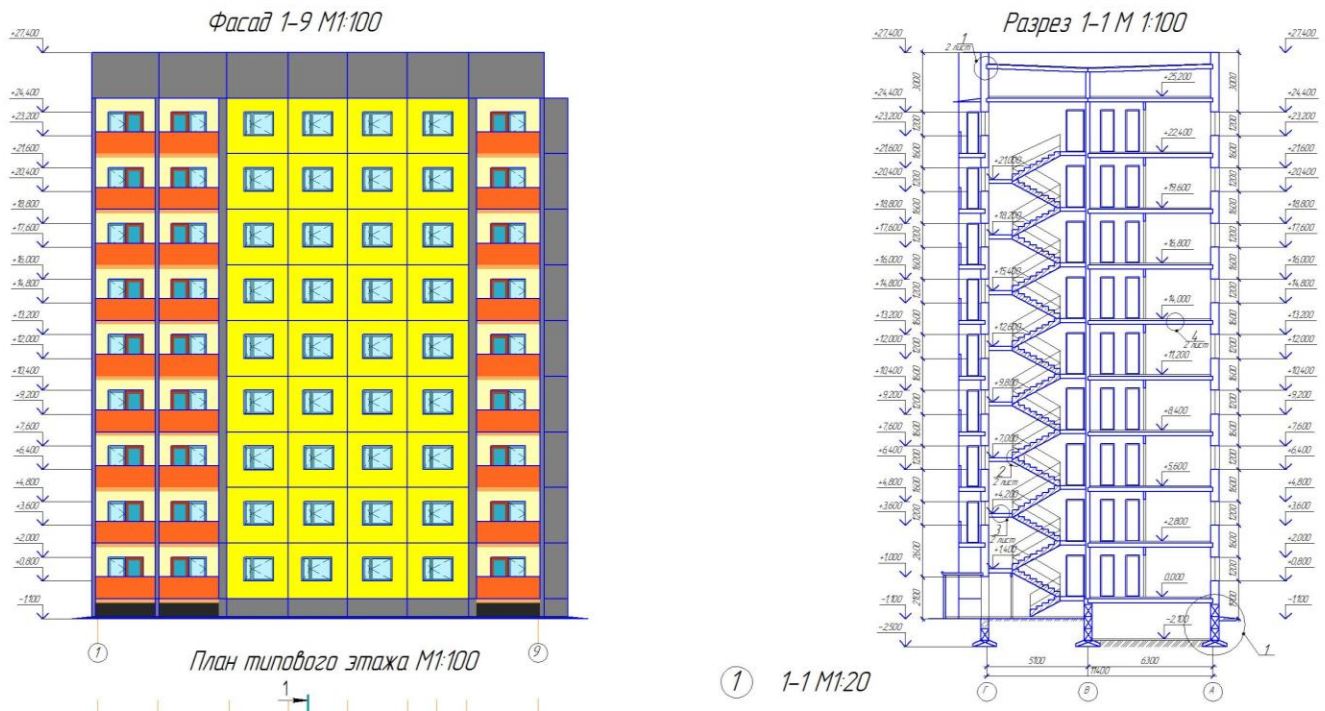


Рис. 2.6 Креслення 9-ти поверхового будинку

Розберемо поетапно процес розроблення тривимірної моделі будинку. Побудова першого поверху робиться на плиті, яка стоїть на палях - фундаменті. Це питання описане у наступному пункті.

По-перше, потрібно побудувати стіни. Малюємо ескіз (рис. 2.7), за допомогою якого буде побудовано стіни за допомогою інструменту «Витягнута бобишка» (рис. 2.8).

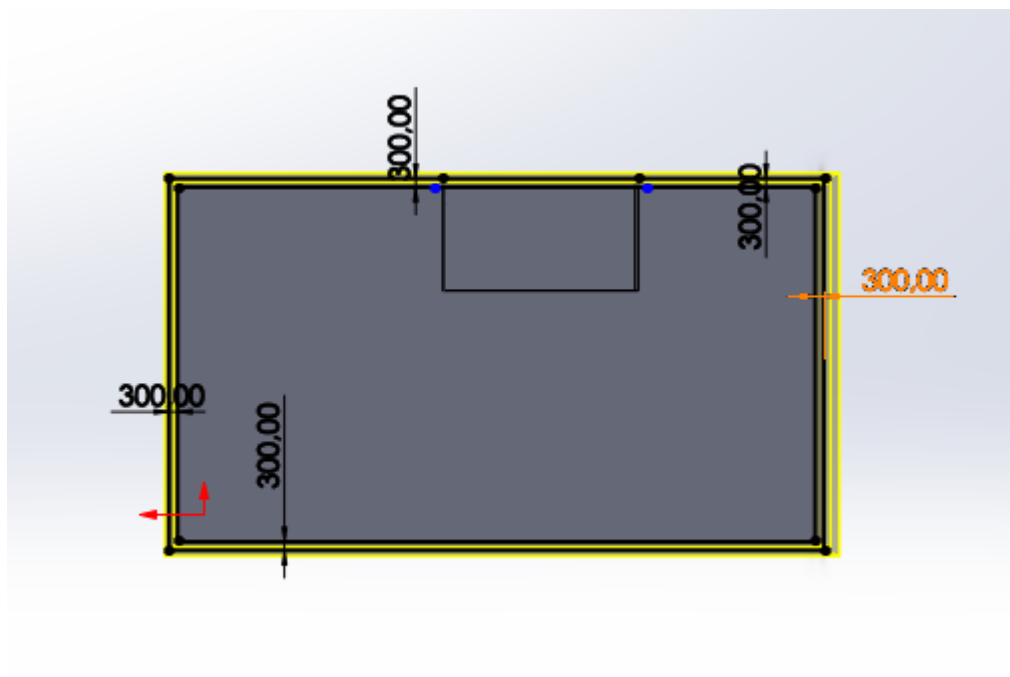


Рис. 2.7 - Ескіз стін

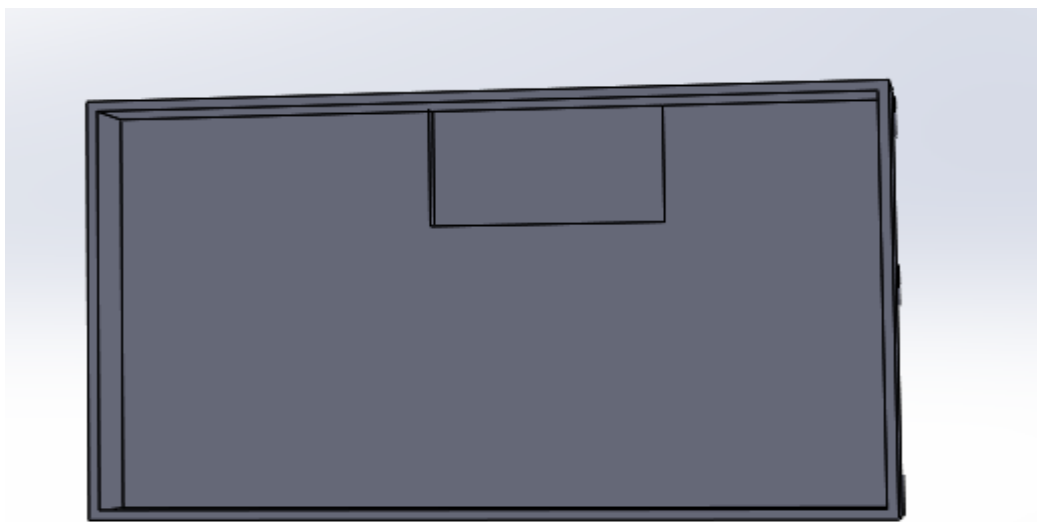


Рис. 2.8 – Стіна будинку

Другим кроком було зроблено планування поверху. За допомогою ескіза (рис. 2.9) було побудовано кімнати без проходів (рис.2.10).

Ескіз для проходів зображено на рис. 2.11. Результат вирізу на рис. 2.12.

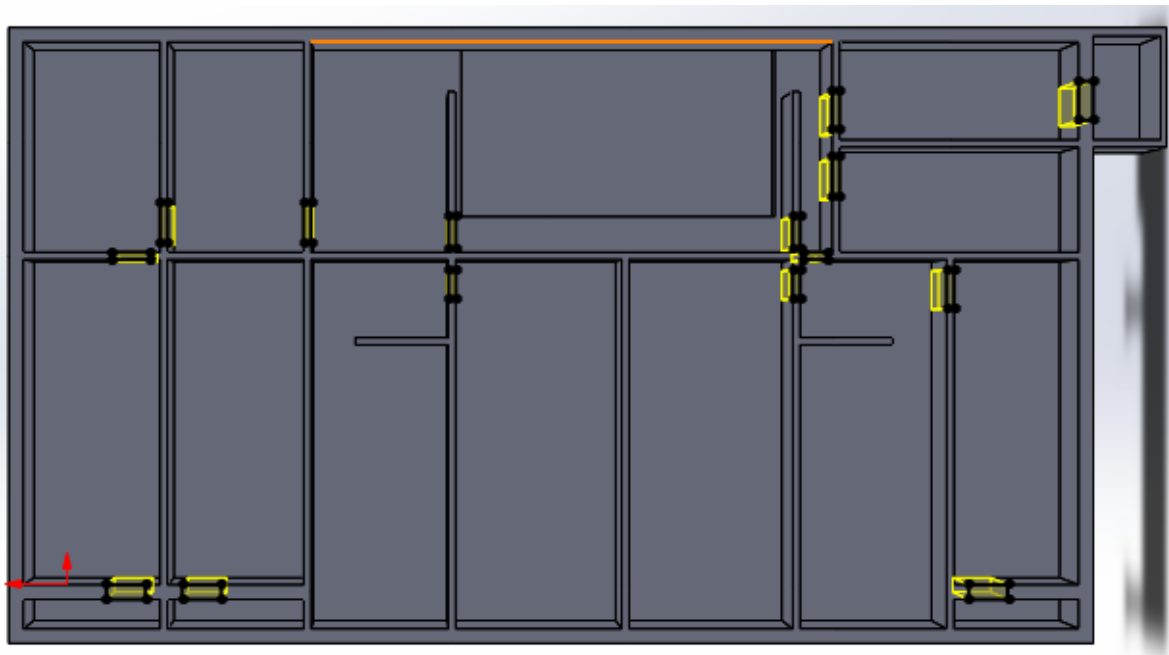


Рис. 2.11 – Ескіз для вирізу проходів

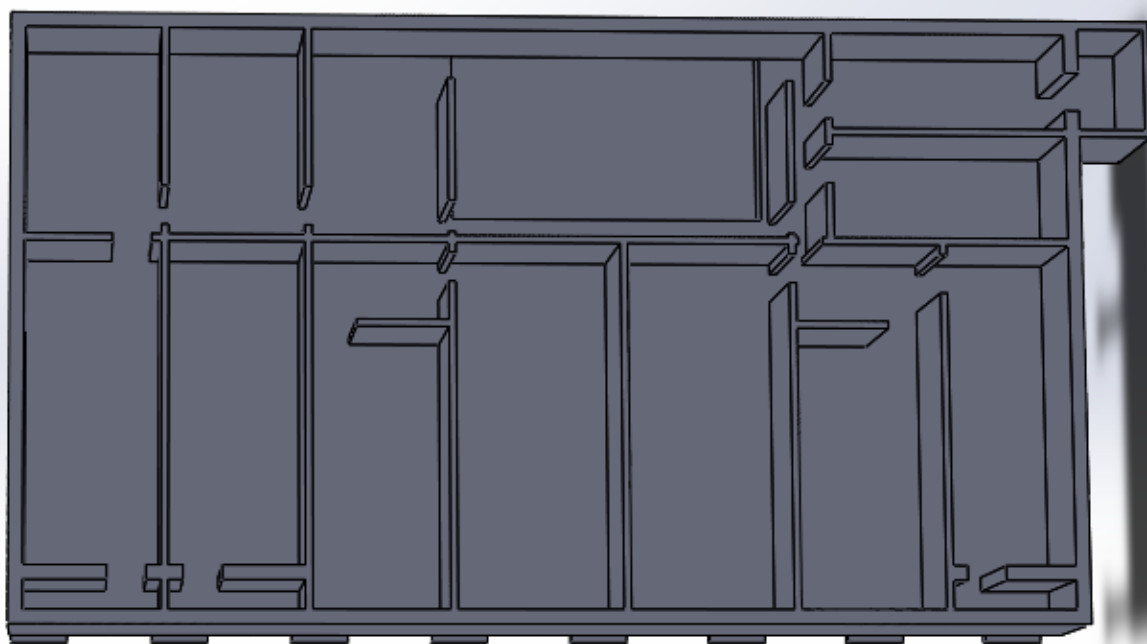


Рис. 2.12 – Спланований поверх з проходами

Далі у місцях, де розташовуються балкони, було вирізано місце для вікон. Ескіз та результат дії представлені на рис. 2.13 та рис. 2.14.

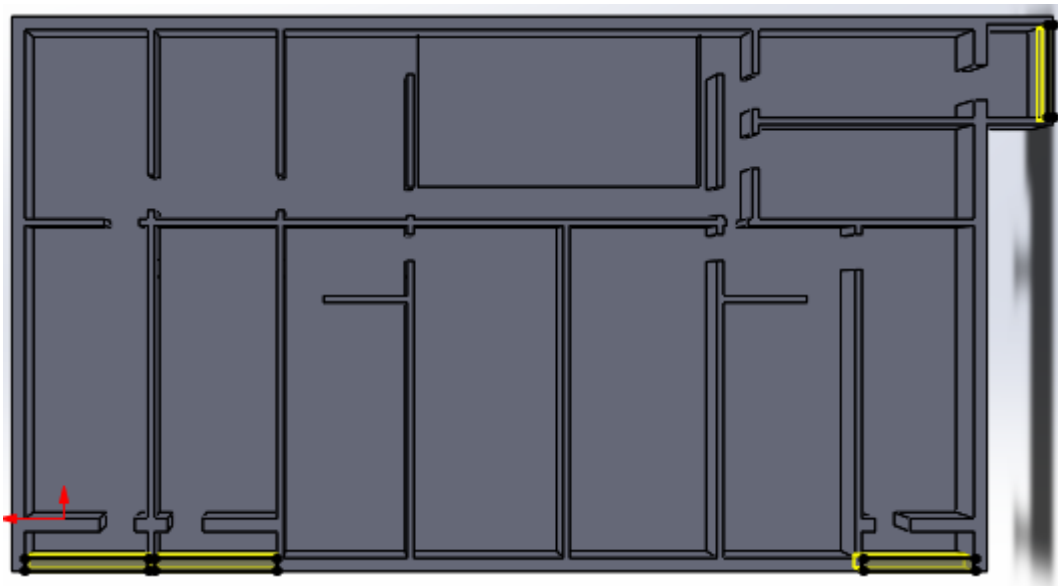


Рис. 2.13 – Ескіз вирізу

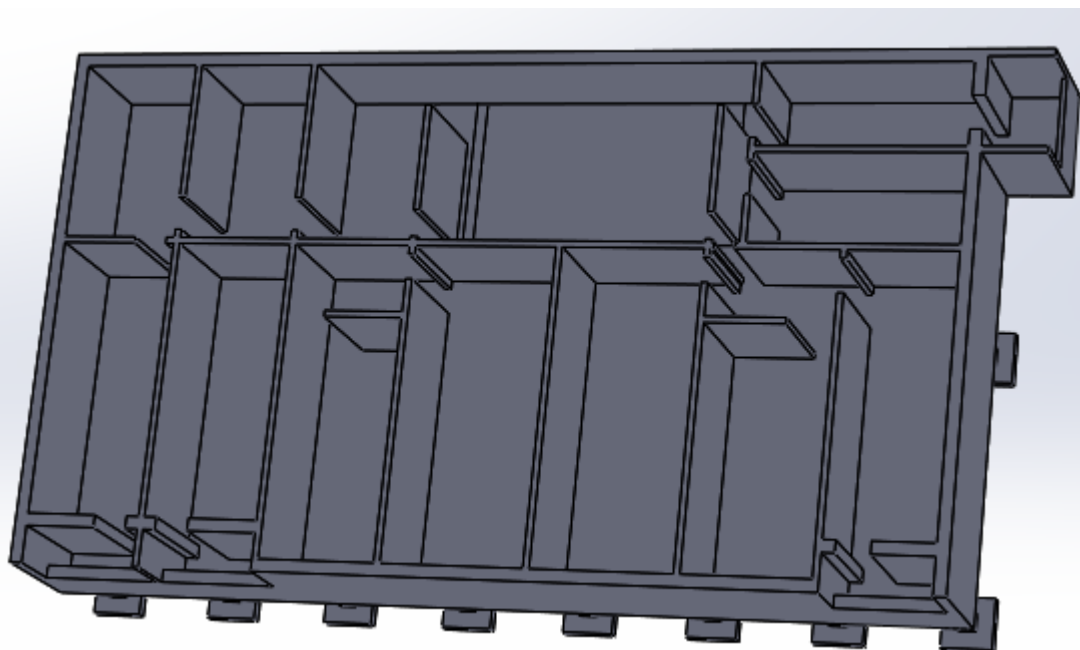


Рис. 2.14 – Місце на балконі під вікно

Після балконів потрібно вирізати місце для вікон без балконів. Для вирізу вікон знадобилося два ескізи, тому що вікна знаходяться у різних сторонах. Ескізи зображені на рис. 2.15 та рис. 2.16.

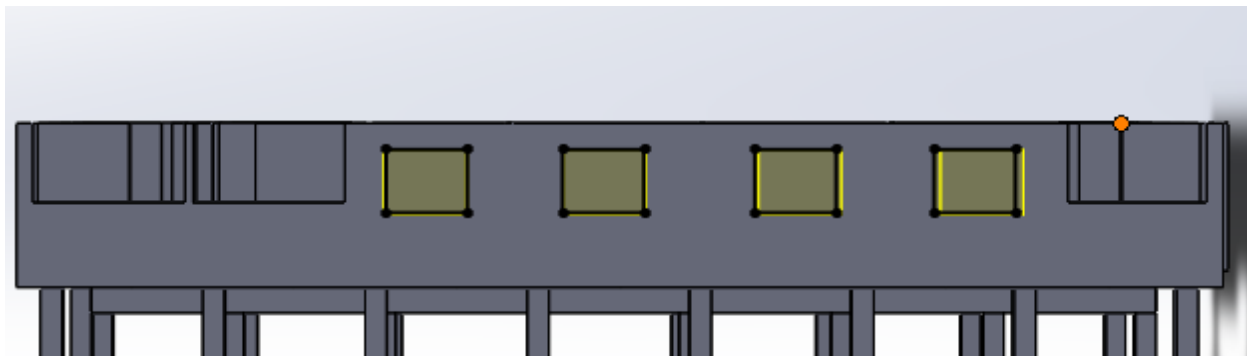


Рис. 2.15 – Ескіз для вирізу вікон

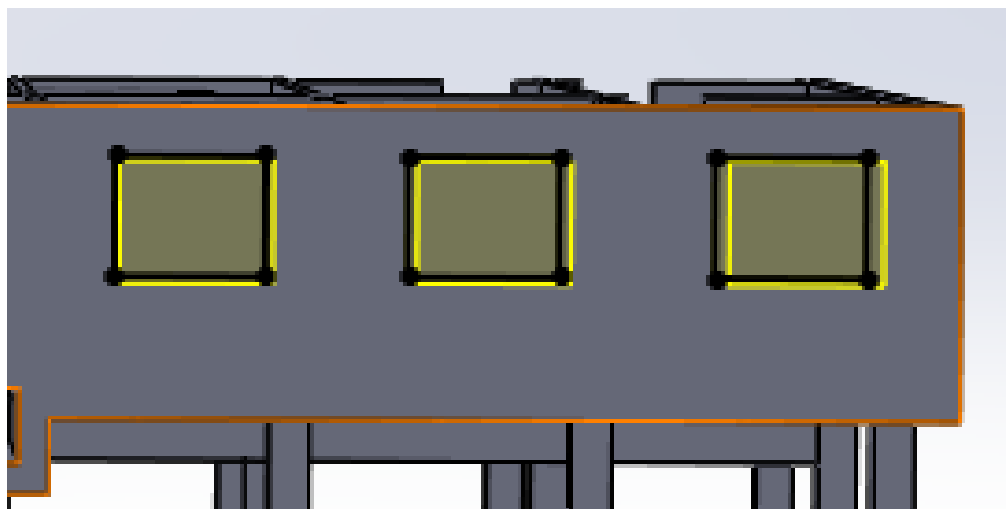


Рис. 2.16 – Ескіз для вирізу вікон з іншої сторони будинку

Результат вирізу вікон видно на рис. 2.17.

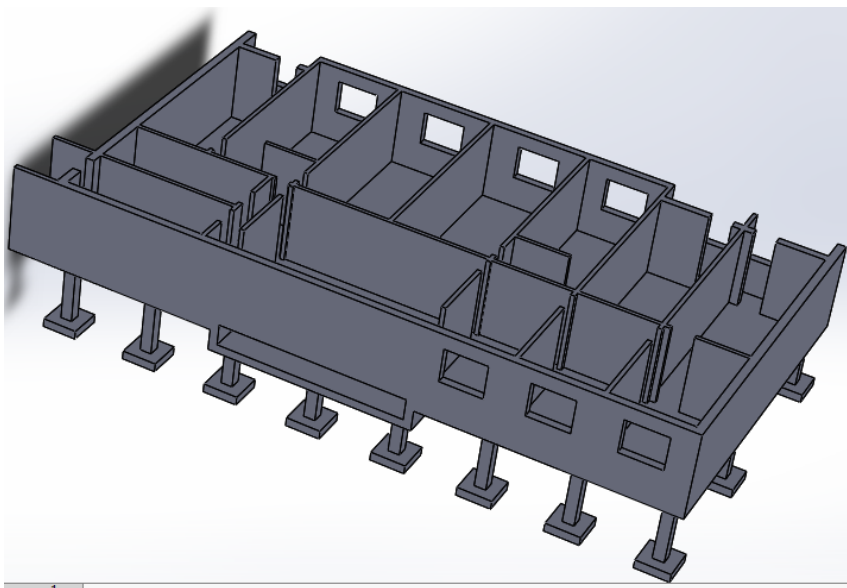


Рис. 2.17 – Вирізане місце для вікон

Останнім етапом у побудові першого поверху є побудова стелі. Ескіз, за яким було побудовано стелю зображено на рис. 2.18.

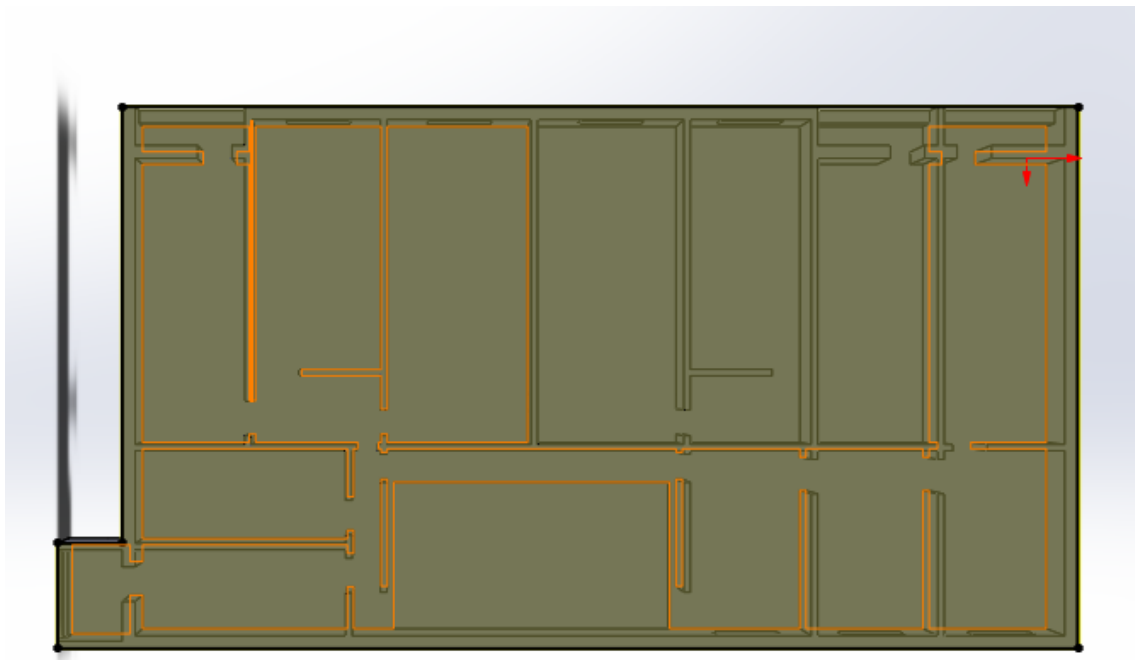


Рис. 2.18 – Ескіз стелі

Побудований перший поверх бачимо на рис. 2.19.

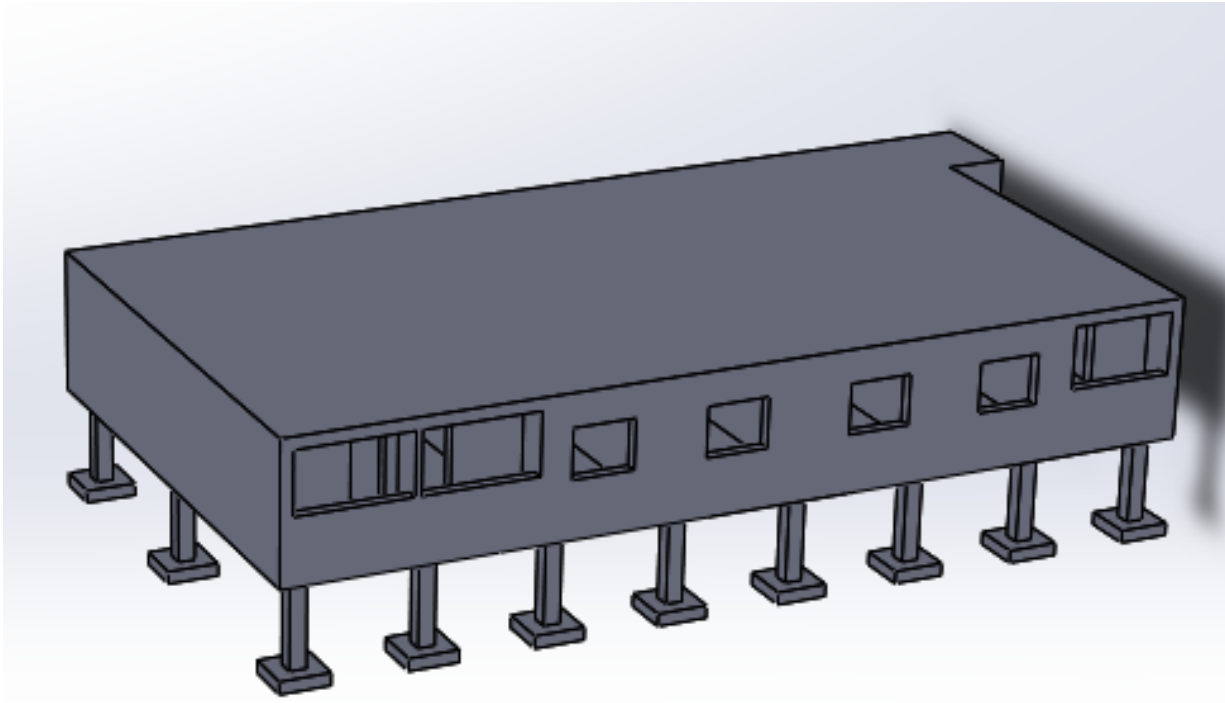


Рис. 2.19 – Перший поверх 9-ти поверхового будинку.

Останнім кроком є користування лінійними масивами у SolidWorks. Всі елементи, котрі було побудовано до цього моменту беруться по черзі та потім з них робиться масив. У нашому випадку, масив з дев'яти елементів, так як поверхів дев'ять. У параметрах побудови масиву задається напрямок та елементи, котрі потрібно включити до масиву. Напрямок є, у нашому випадку, вісь X. Ще параметром масиву є відстань, на якій будуть знаходитись елементу масиву. Цією відстанню є висота поверху. Після застосування масивів, отримуємо таку модель (рис. 2.20).

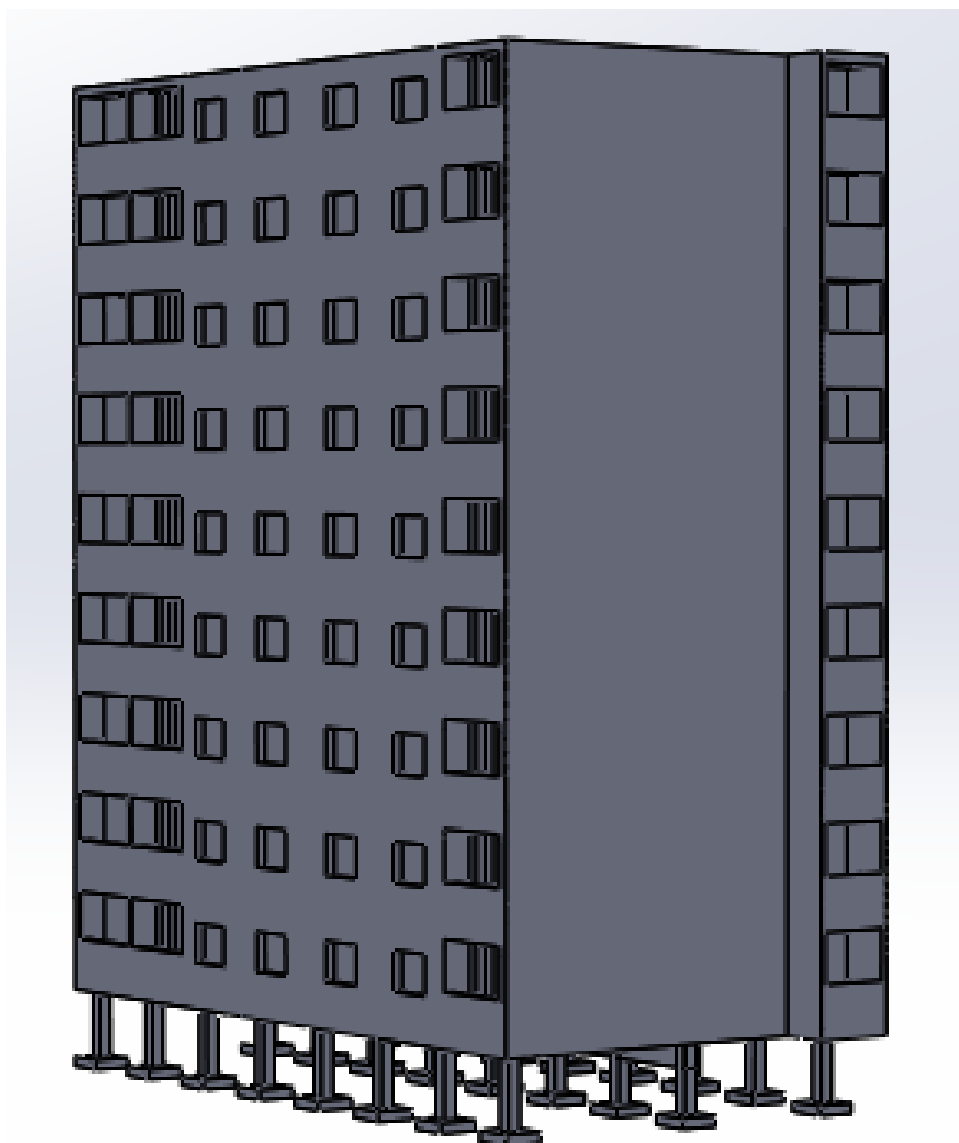


Рис. 2.20 – 9-ти поверховий 36-тиквартирний будинок

На рис. 2.20 бачимо повну модель будинку з урахуванням усіх стін, але для моделювання потрібна ще одна модель – спрощена, тільки з несучими стінами та дверними пройомами. Процедура також сама, але інші вирізи. Спрощена модель зображена на рис 2.21.

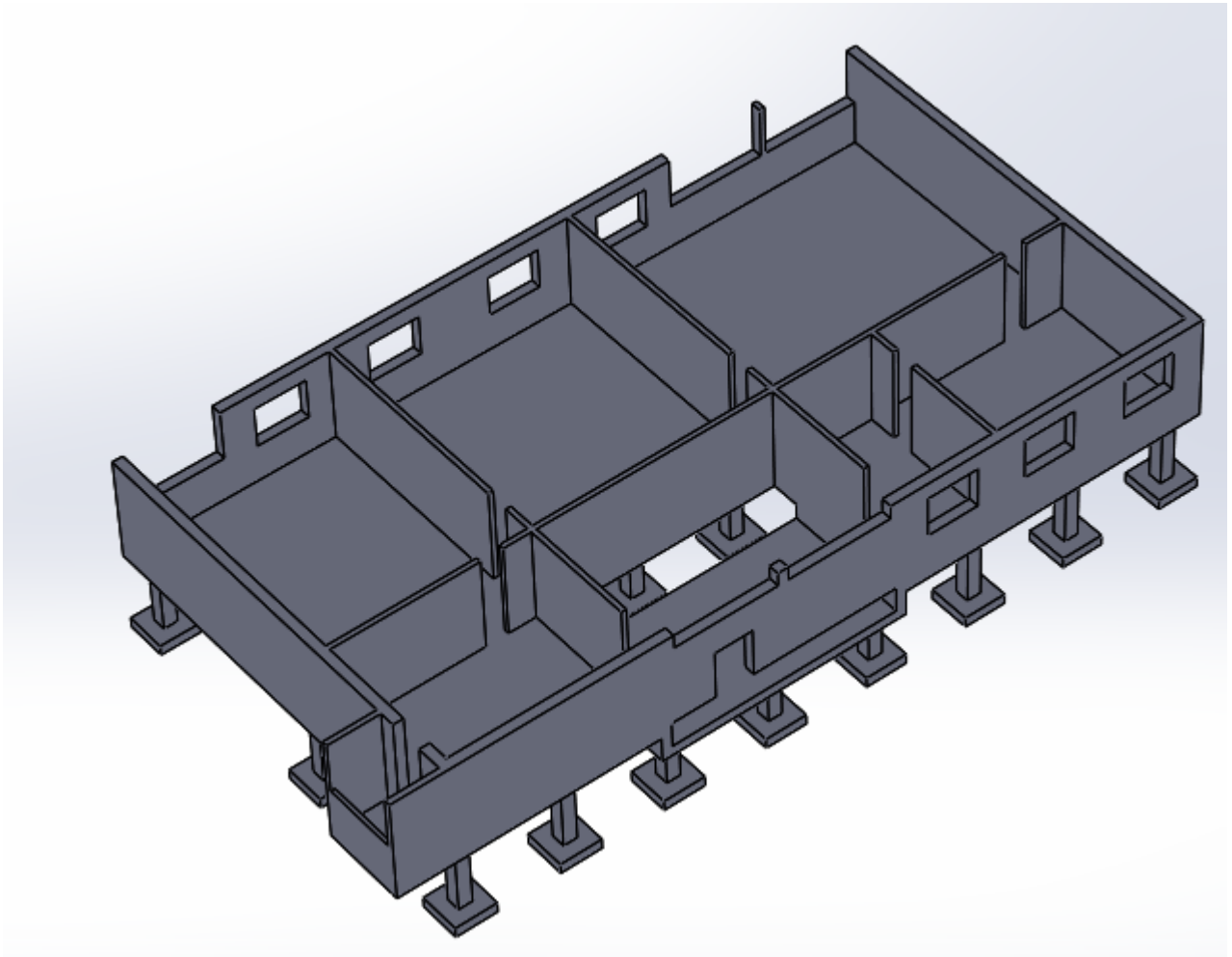


Рис. 2.21 – Спроценна модель будинку

2.2 Класифікація та вибір фундаменту для досліджуваної споруди

Основними тенденціями сучасного будівництва громадських та житлових будівель у великих населених пунктах є збільшення надземної і підземної частин будинку.

Такі тенденції вимагають спорудження фундаментів підвищеної жорсткості, які будуть здатні витримати навантаження від конструкцій споруди і передати їх в міцні шари ґрунтового масиву.

Стосовно до складних інженерно-геологічних умов (різні літологічні шари, горизонти ґрунтових вод не витримані по потужності і простяганню і інше) необхідний ретельний вибір технологічних рішень по спорудженню огорожувальних стін, які повинні володіти необхідними характеристиками стійкості і водонепроникності [56].

Фундамент - підстава для будівель і споруд. Він є найважливішою частиною будівлі, його основна функція полягає в передачі і розподілі навантаження від будівлі на ґрунт під його підставою. Загальний принцип будівництва фундаменту для будинку приблизно однаковий у всіх сучасних проектах і змінюється в залежності від конкретних особливостей ґрунту і використовуваної технології. В даний час при будівництві будинків використовується кілька основних типів фундаменту: стрічковий, пальовий, стовпчастий і фундамент - монолітна плита [57,58] .

Вибір конструкції фундаменту один з найважливіших факторів, що забезпечує експлуатаційну надійність і довговічність зведених споруд. Така важливість обумовлюється впливом роботи фундаментів на стан надфундаментних конструкцій, а також складністю, трудомісткістю і дорожнечею робіт по ремонту або заміні фундаментів, що мають проектні або виробничі дефекти.

Фундамент монолітна плита (рис. 2.21, [59]) відноситься до дрібнозаглиблених або незаглиблених фундаментів. Жорстке просторове армування по всій несучій площині забезпечує стійкість таких фундаментів навіть на сильно і нерівномірно стискується ґрунтах, до яких відносяться пучинисті ґрунти. Зниження тиску на ґрунт досягається завдяки тому, що монолітна плита усією своєю площею лежить на ньому. Важливу роль в такому

фундаменті грає якість матеріалів. Завдяки здатності до сезонних переміщень разом з ґрунтом плитний фундамент іноді називають плаваючим [60].



Рис. 2.21 - Фундамент монолітна плита

Основні переваги монолітного плитного фундаменту полягають у наступному [61]:

- висока несуча здатність;
- здатність протистояти зміщенню і спучуванню ґрунту основи;
- простота конструкції;
- добра здатність протистояти ґрунтовим і талим (поверхневим) водам;
- можливість будівництва цокольного поверху, захищеного від талих вод.

Застосування монолітної плити в будівельній практиці, як правило, здійснюється при тиску на фундамент до 0,6 МПа і малостиснутих ґрунтах підстави.

Товщина фундаментної плити в залежності від величини прикладеного навантаження, а також інженерно-геологічних умов може становити від 1,0-2,5 м. і більше. Для того щоб зменшити висоту фундаментної плити в місцях дії згинальних моментів, максимальних поперечних, а також поздовжніх сил, можуть застосовуватися ребра жорсткості або додаткове посилення в зонах розташування колон.

Крім того, монолітний плитний фундамент може мати коробчасту конструкцію. Така конструкція передбачає пристрій консолей (розширення фундаменту за периметр споруди), що розширює сферу застосування даного типу фундаменту.

Фундаменти глибокого закладення можуть виготовлятися як за допомогою виїмки ґрунту, так і без. Набивні і забивні палі виготовляють влаштовують без виїмки ґрунту. Забивні і вдавлені палі зазвичай мають перетин 300х300 і 350х350, що накладає обмеження на максимальний тиск по стовбуру палі (максимальний тиск до 1 МПа). Якщо такої несучої здатності недостатньо, то в такому випадку необхідно застосовувати фундаменти з виїмкою ґрунту - паль із сталевих труб або буронабивних, паль-Барет, кесонів [62].

Буронабивні палі (рис. 2.22, [63]) серед фундаментів глибокого закладення набули найбільшого поширення. Вони можуть влаштовуватися діаметром до 2м. Практично в будь-яких ґрунтових умовах.



Рис. 2.22 - Бурунабивні палі

Кесони (опускні колодязі) (рис. 2.23, [64]) доцільно застосовувати в тих випадках, коли потрібно передати великі навантаження на велику глибину, ґрунт погано піддається проходці при бурінні, а також необхідна висока швидкість



Рис. 2.23 - Кесони (опускні колодязі)

виконання піддається проходці при бурінні, а також необхідна висока швидкість виконання будівельно-монтажних робіт [62].

Пальово-плитний фундамент (рис. 2.24, [65]) забезпечує спільну роботи як плити, так і палей. Він ефективний у тих випадках, коли ґрунт під підшвою фундаменту може включитися в роботу і сприйняти частину навантаження. Також такий тип фундаменту застосовується для зниження впливу нових споруд на старі (в умовах щільної забудови), для зменшення крену будівлі, а також у споруди з несиметричними несучими конструкціями, які нерівномірно передають навантаження на фундамент. Пальово-плитна конструкція фундаменту є найбільш ефективною при будівництві споруд, передавальних великі навантаження на підставу, таких як багатофункціональні комплекси, торгові центри і багатоповерхові будівлі.



Рис. 2.24 - Пальово-плитний фундамент

Стрічковий фундамент в збірному або монолітному виконанні, найбільш популярний в малоповерховому житловому будівництві. За попереднім підрахунком стрічковий фундамент займає більш 65% від загальних обсягів фундаментобудівництва. Основними факторами, що визначають прийняття рішення, щодо застосування даного типу фундаменту є [66]:

- можливість використання конструкції стрічкового фундаменту як підвальних або цокольних поверхів;
- простота конструкції і технології його зведення;
- можливість зведення фундаменту в збірному або монолітному виконанні;
- можливість використання б / у залізобетонних конструкцій;
- висока надійність конструкції по роботі ґрунтів основи (як правило,
- зважаючи на надмірно високої несучої здатності, визначається не характеристиками ґрунту, а конструктивними параметрами стрічкового фундаменту);
- консервативність підходу замовника і «підігрівається» бажанням підрядної організації вкласти максимум в показник матеріаломісткості конструкцій нульового циклу.

Стрічкові фундаменти (рис. 2.25, [67]), що зводяться на нескельних рухливих ґрунтах, відповідно до чинних нормативів, вимагають закладення на глибини в діапазоні 70-100% максимальної глибини промерзання даного ґрунту, що за несучою здатністю ґрунту, стосовно малоповерхових будівель, часто є надмірно надлишковим, навіть при мінімальній конструктивній ширині подошви фундаменту. У даних випадках вартість зведення фундаменту може досягати 40%

і більше від загальної вартості конструктивної частини двоповерхового об'єкта [66].



Рис. 2.25 - Стрічковий фундамент

Висока вартість витрат визначається великим обсягом земляних і бетонних робіт, значними транспортними витратами і витратами на експлуатацію машин і механізмів. При відсутності заглиблених приміщень питомі витрати на зведення конструкцій нульового циклу істотно зростають і стають економічно оправдані.

Спроби вольового зменшення глибини закладення фундаменту з жорстким конструктивом часто призводять до суттєвих нерівномірних деформацій фундаменту з утворенням і розвитком тріщин в надземній частині. У даному випадку слід розуміти, що дрібна глибина закладення фундаменту з його можливими нерівномірними деформаціями визначається не тільки впливом морозного пучення ґрунту на початковому періоді експлуатації, але і упиранням

підшви фундаменту у розуцільнений ґрунт підстави, промороджуваного у в добудівельний період [66].

Зведення масивних стрічкових фундаментів характеризується, як зазначено вище, використанням високої машиноємної землерийної, кранової техніки, бетонозмішувачами і бетононасосами, при цьому їх питомі витрати істотно зростають при значній віддаленості об'єкта і відносно невисоких обсягах робіт.

Класичний збірний, монолітний або збірно-монолітний стрічковий фундамент, стосовно малоповерхових будівель, які не мають підвальних приміщень, слід розглядати, як прихований резерв в питаннях зниження собівартості і термінів будівництва.

У якості фундаментів багатоповерхових будівель на природній основі в усьому світі переважно використовується суцільна монолітна залізобетонна плита. При належному техніко-економічному обґрунтуванні можуть також використовуватися стрічкові фундаменти або стовпчасті фундаменти [68].

Для досліджуваного об'єкта слід обрати пальовий з стрічковим монолітним ростверком фундамент.

2.2.1 Розробка тривимірної моделі фундаменту у середовищі Solidworks

Розробка фундаменту перш за все починається з моделі подушки для палі. Це є квадрат 1200x1200мм. Ескіз показано на рис. 2.26. Модель подушки видно на рис. 2.27.

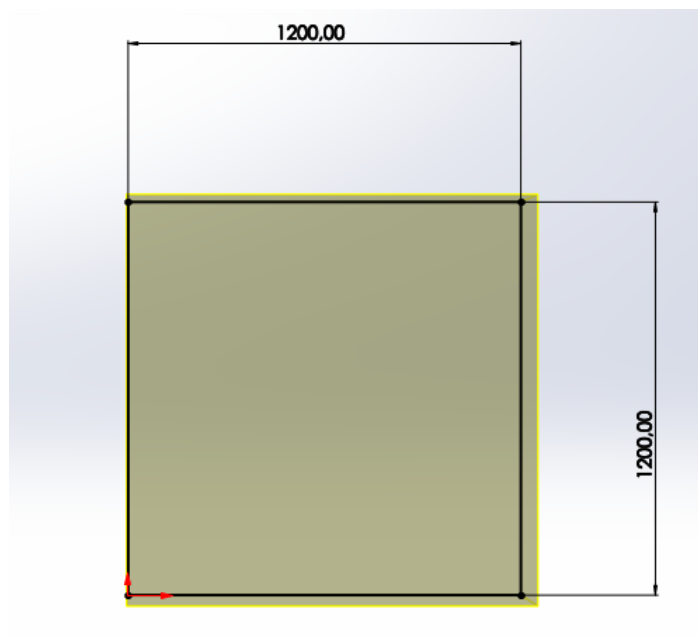


Рис. 2.26 – Ескіз для подушки палі

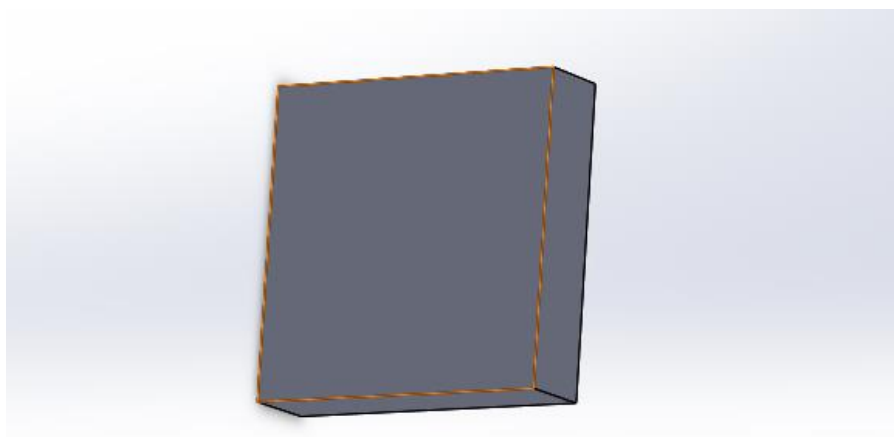


Рис. 2.27 – Подушка для палі

Другим кроком йде побудова палі, яка буде виходити з подушки.
Теж квадрат 400х400мм. Ескіз палі наведено нижче на рис. 2.28

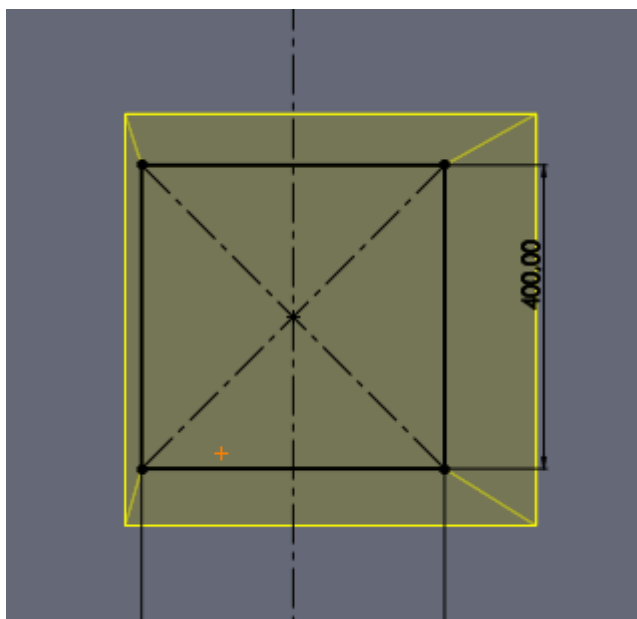


Рис. 2.28 – Ескіз для палі

Побудовану модель палі зображено на рис. 2.29.

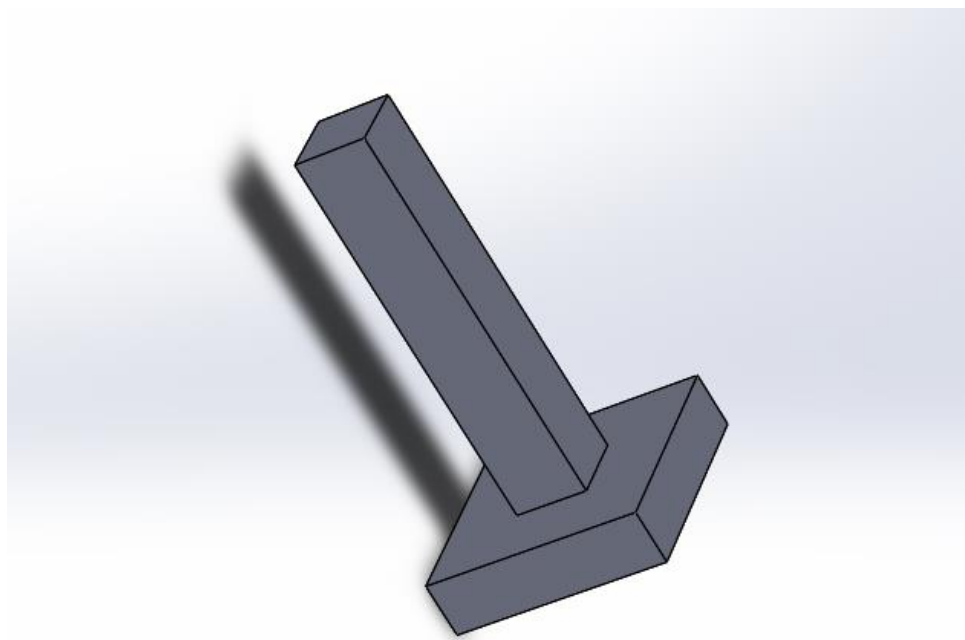


Рис. 2.29 – Паль для фундаменту

Тепер потрібно зробити масив нашого фундаменту. Це робиться за допомогою інструмента «Лінійний масив». Масив (рис. 2.30) робимо згідно креслення.

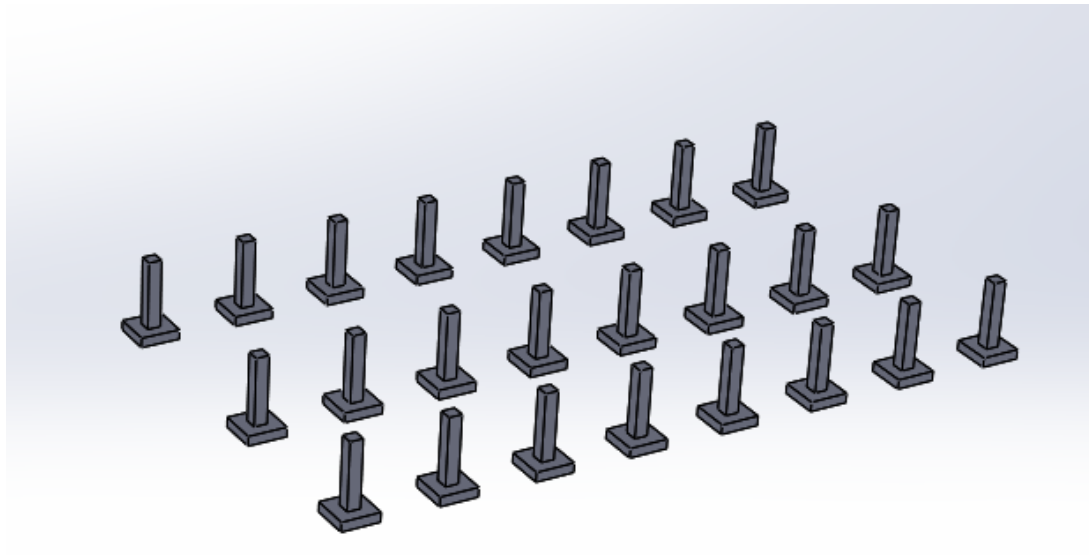


Рис. 2.30 – Масив палей

Наступним етапом у розробці фундаменту є створення плити. Створимо ескіз плити рис. 2.31.

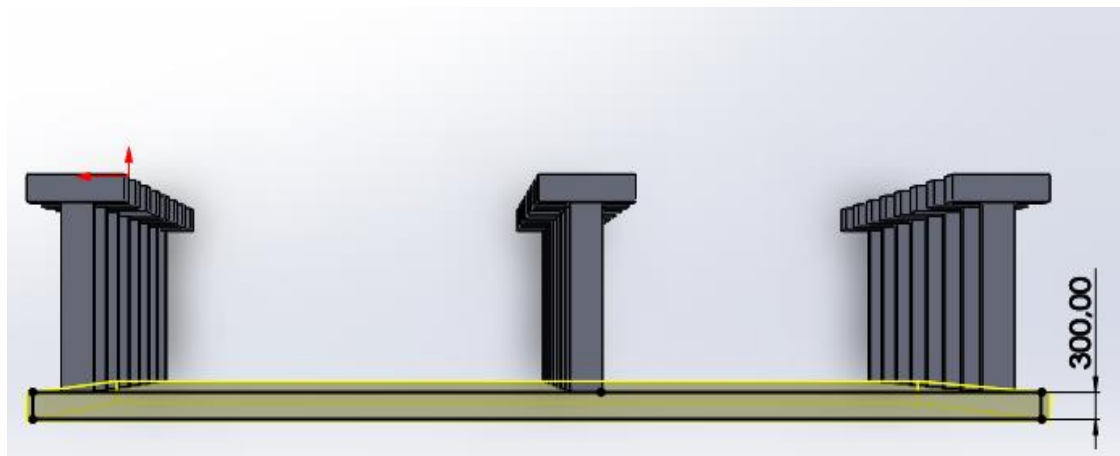


Рис. 2.31 – Ескіз для плити

Теперь за допомогою інструмента «Витягнута бобишка» витягнемо наш ескіз на 22200мм.

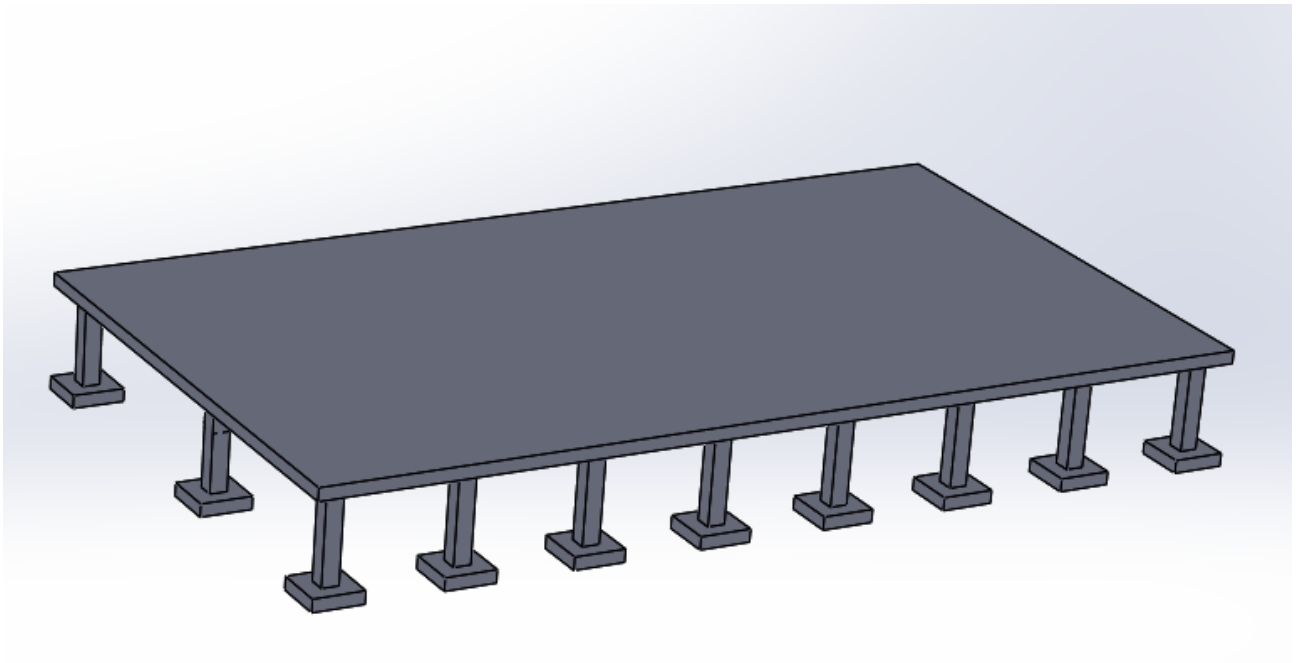


Рис. 2.32 - Фундамент

Після того, як ми побудували фундамент (рис. 2.32), його потрібно трохи підправити. Робимо це для того, щоб у подальшому було місце для під'їзда, сходин та ліфта.

З зовнішньої сторони фундаменту посередині, де буде розташовуватися під'їзд, потрібно створити палі та вирізати частина фундаменту. Робиться це за допомогою інструмента «Витягнутий виріз». Ескіз вирізу видно на рис. 2.33. Виріз зроблено на 500мм.

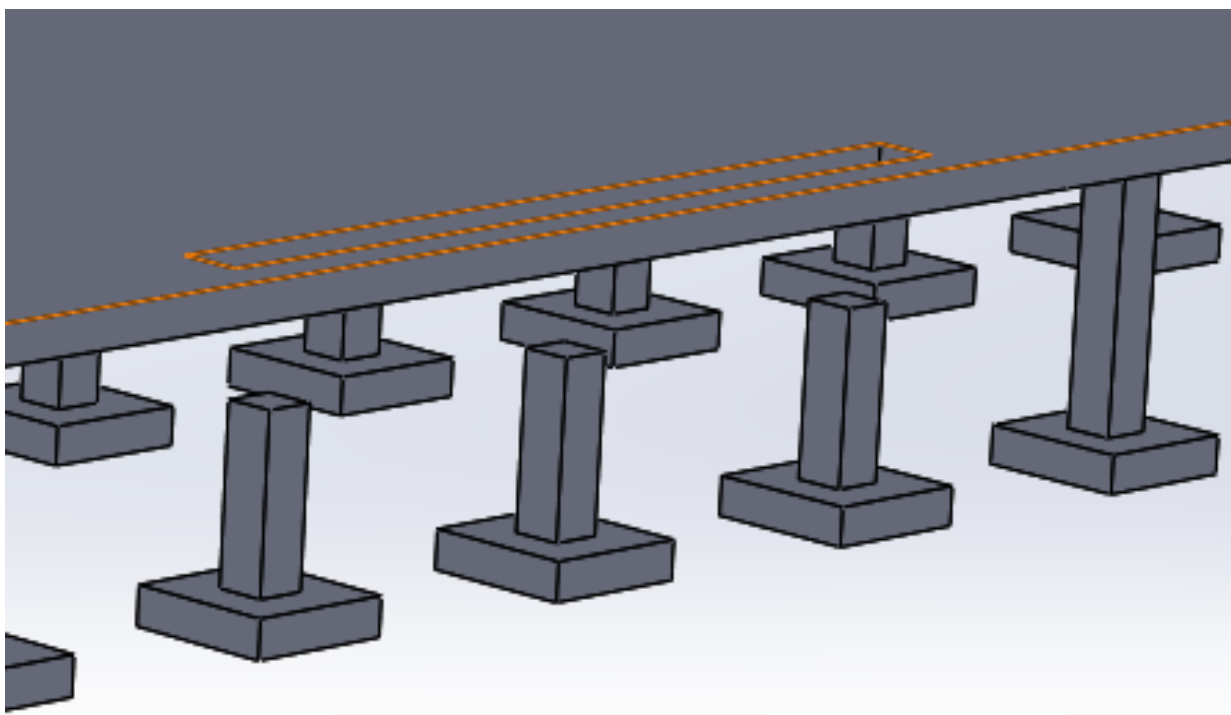


Рис. 2.33 – Обрізка палей під під'їзд

Тепер потрібно зробити виріз під під'їзд (рис. 2.34).

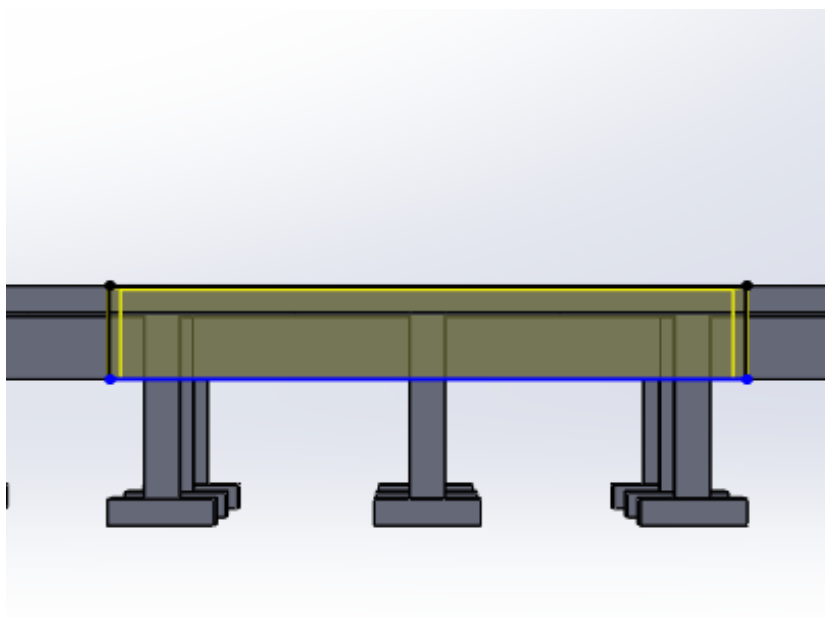


Рис. 2.34 – Ескіз вирізу під під'їзд

Результат вирізу видно на рис 2.35.

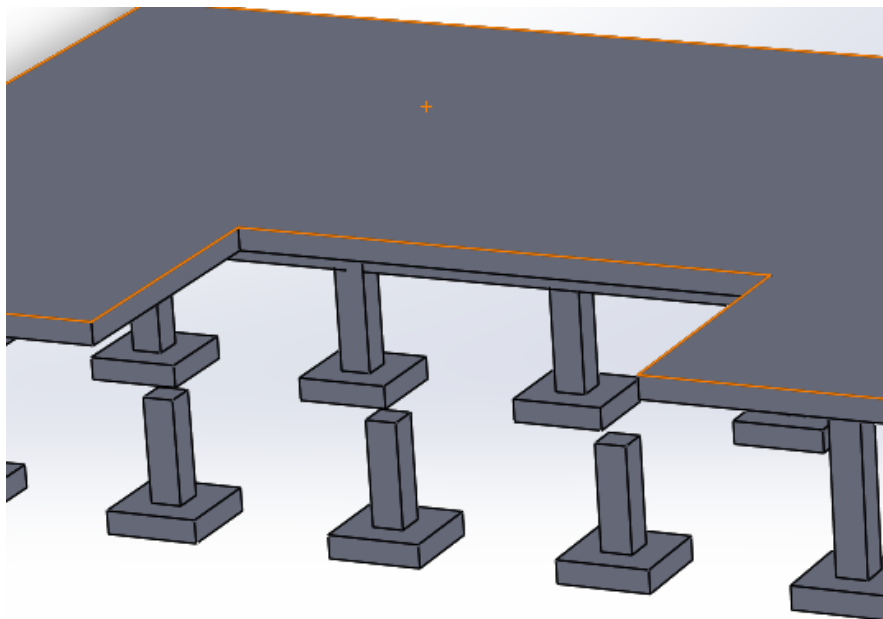


Рис. 2.36 - Виріз під під'їзд

Добудуємо плиту під скорочені палі. Зробимо ескіз (рис. 2.37) та витягнемо інструментом «Витягнута бобишка». Результат зображено на рис. 2.38.

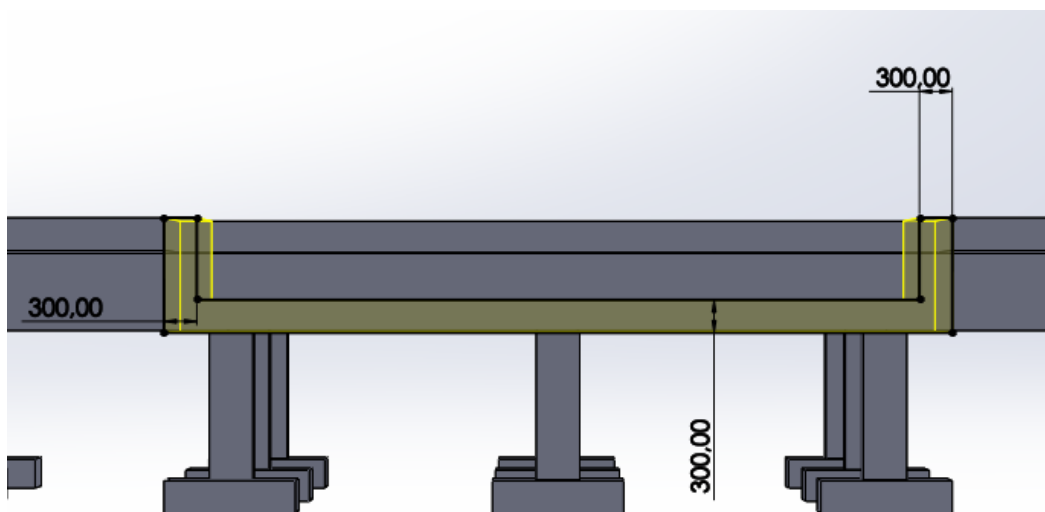


Рис. 2.37 – Ескіз для під'їзда

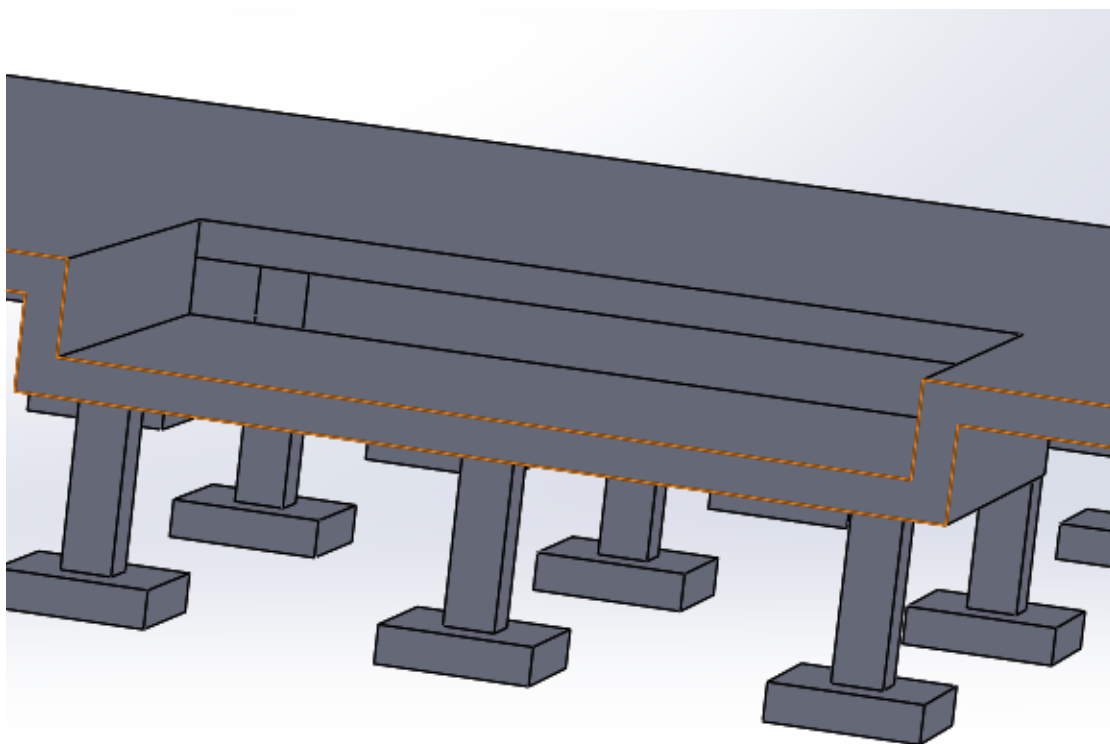


Рис. 2.38 – Плита під під'їзд

Таким чином було створено тривимірну модель фундаменту для досліджуваного будинку. Фундамент зображено на рис. 2.39.

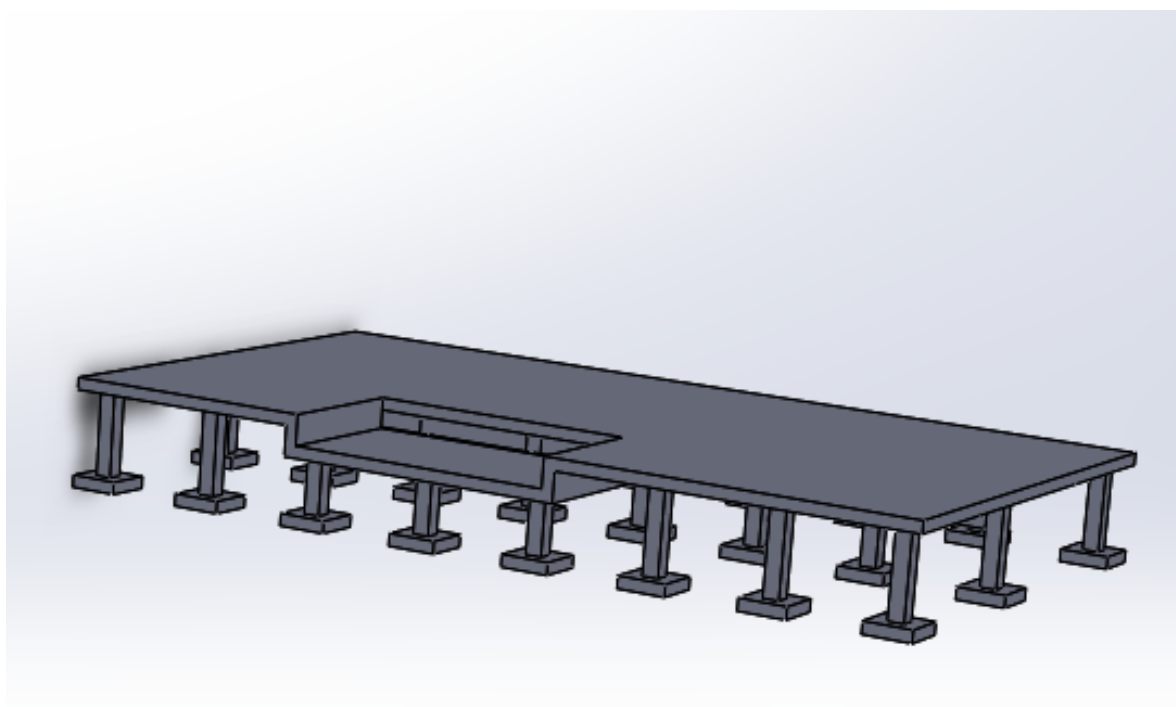


Рис. 2.39 – Фундамент 9-ти поверхового будинку

Фундамент для спрощеної моделі будинку залишиється таким самим.

Висновки до розділу 2

У даному розділі проведено геометричне моделювання будівельних споруд. Зроблено огляд класифікації будинків та фундаментів. Було обрано певний тип будівлі та фундаменту, виходячи з можливостей розрахунку та актуальності споруди у повсякденному житті. Побудовано наступні геометричні моделі:

1. Повна модель 9-ти поверхового будинку з урахуванням планування поверху.
2. Спрощена модель 9-типоверхового будинку без урахування планування поверху.

РОЗДІЛ 3

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ 9-ТИПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ

3.1 Модальний аналіз багатопверхового будинку

Одним з основних видів навантажень на будинок є випадкові вібрації ґрунту, ще їх називають землетруси. Землетруси пов'язані з рухом поверхні Землі.. Вони бувають різних типів: вулканічні, тектонічні та обвальні. Зазвичай, на поверхні, де будуються споруди діють обвальні землетруси, котрі призводять до пошкоджень конструкції будинку. Ступінь наслідків землетрусу визначають балами по шкалі від одного до дванадцяти, де один бал це землетрус, який не відчувається, а дванадцять балів це масові розриви поверхні, обвали, зсуви, руйнування багатьох споруд та конструкцій. В Україні були землетруси максимально до шістьох балів. Тому моделювання землетрусу для будинку буде обмежено шістьма балами.

Реакція будинку на вплив вібрації може мати різний характер. Отже, для вирішення задачі нам потрібно змоделювати випадкову вібрацію на будинок. Для цього використаємо програмний продукт ANSYS.

ANSYS – це універсальний програмний комплекс скінчено-елементного аналізу, призначений для вирішення задач у різних областях інженерної діяльності: конструктивні, теплові, гідро газодинамічні, електромагнітні.

Для побудови розрахункової моделі будинку використовується ANSYS Workbench. Він дає користувачу спрощений графічний інтерфейс програми для систематизації дій та можливих розрахунків.

Першочергово потрібно провести модальний аналіз моделі. Модальний аналіз проводиться для визначення частот і форм (мод) власних коливань

конструкцій. Ще модальний аналіз може бути першим кроком для інших видів динамічного аналізу, таких, як аналіз перехідних процесів, гармонійний і спектральний аналіз.

3.1.1 Аналіз повної моделі

Для того, щоб зробити навантаження модальний аналіз потрібно скористатися модулем Modal, який витягується у робоче вікно затисканням лівої кнопки миші та перетаскуванням. Він містить декілька блоків. Здебільшого усі основні блоки мають декілька підблоків.

Для отримання правильного результату необхідно у порядку зростання номера виконати дії в кожному з блоків окрім першого.

Першим підблоком є Geometry (рис.3.1).

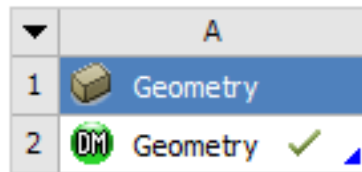


Рис. 3.1 – модуль Geometry

Він дає можливість завантажити тривимірну модель. Коли модель завантажена навпроти цього підблоку з'являється галочка. Створена геометрія (рис.) повністю відповідає розмірам нашої моделі.

Наступним кроком є побудова скінчено-елементної сітки. Виходячи з великих габаритів моделі та обмежених технічних умов було обрано автоматичну сітку. Це сітка, яка будується за певним алгоритмом, який використовує мінімум ресурсів процесору.

При вібраціях, в основному, навантаження діє на фундамент. Тому модель була розділена на дві частини: фундамент (палі та плита) та будинок. Це було зроблено за допомогою інструменту Slice у підблоці Geometry. Ця операція дає можливість обрати різні сітки для фундаменту та будинку.

Для фундаменту було обрано сітку Hex Dominant (рис. 3.2).

Details of "Hex Dominant Method" - Method	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	45 Bodies
[-] Definition	
Suppressed	No
Method	Hex Dominant
Element Midside Nodes	Use Global Setting
Free Face Mesh Type	Quad/Tri
Control Messages	No

Рис. 3.2 – Параметри сітки для фундаменту

Основою цієї сітки є гексайдери. Для більш точного розрахунку було підібрано якомога менша за розміром сітка. Розмір (рис.3.3) одного елементу складає 200мм.

Details of "Body Sizing" - Sizing	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	24 Bodies
[-] Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
<input type="checkbox"/> Element Size	200, mm

Рис. 3.3 – Розмір елемента сітки фундаменту

Для будинку обрано автоматичну (рис. 3.4) сітку з розміром (рис. 3.5) елементу 2028мм.

Details of "Automatic Method" - Method	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
[-] Definition	
Suppressed	No
Method	Automatic
Element Midside Nodes	Use Global Setting

Рис. 3.4 – Параметри сітки для будинку

Details of "Body Sizing 3" - Sizing	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
[-] Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
<input checked="" type="checkbox"/> Element Size	Default (2028,8 mm)

Рис. 3.5 – Розмір елемента сітку будинка

Після цих операцій було згенеровано сітку для фундаменту (рис.3.6) та будинку (рис.3.7).

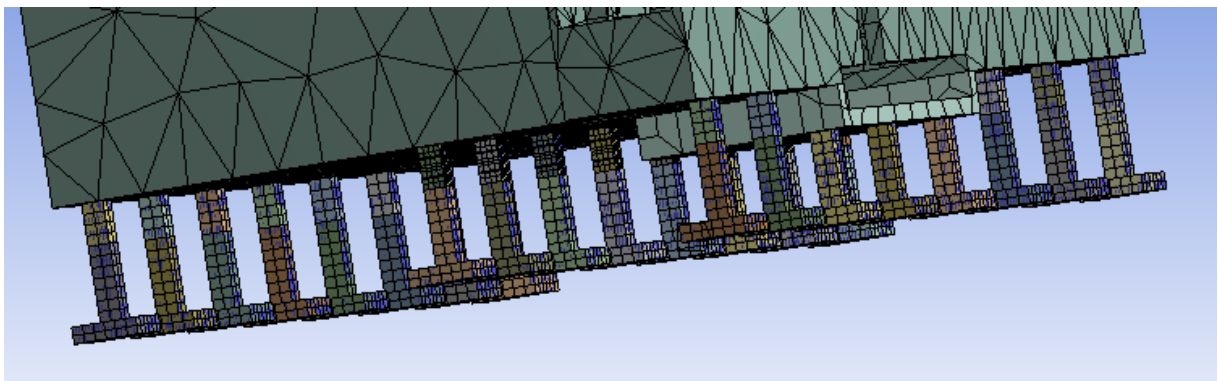


Рис. 3.6 – Сітка для фундаменту

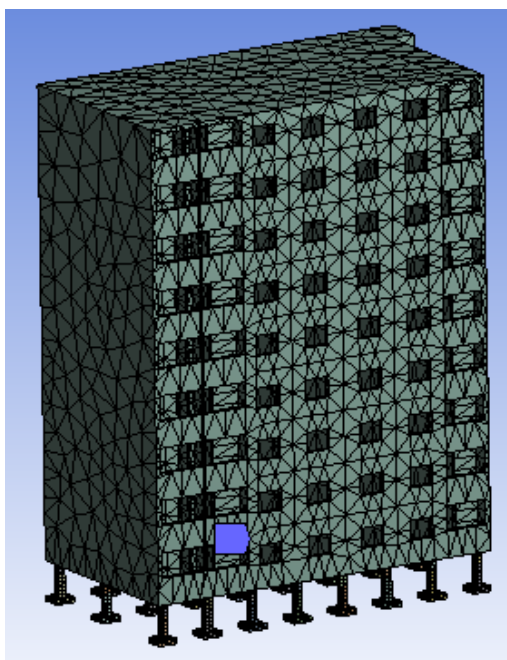


Рис. 3.7 – Сітка для будинку

Наступним кроком було створення необхідного нам матеріалу. Це робиться за допомогою підблоку Engineering Data (рис. 3.8).

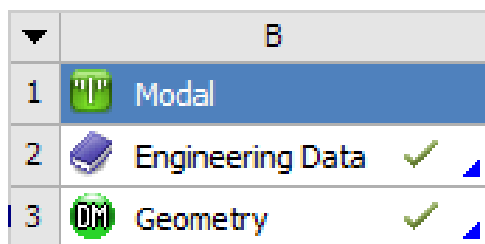


Рис. 3.8 – Підблок Engineering Data

У цьому підблоці було створено матеріал – залізобетон, з усіма його властивостями (рис.3.9).

Properties of Outline Row 3: Concrete					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	2400	kg m ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's...			
8	Young's Modulus	3,1	Pa		
9	Poisson's Ratio	0,18			
10	Bulk Modulus	1,6146	Pa		
11	Shear Modulus	1,3136	Pa		

Рис.3.9 – Властивості матеріалу

Для того, щоб провести модальний аналіз у середовищі ANSYS потрібно скористатися блоком Modal у Toolbox. Цей блок зв'язується з блоком Geometry, після чого модель попадає у блок Modal.

Перше, що слід зробити, це додати закріплення до фундаменту. Робиться це за допомогою інструменту Fixed Support (рис. 3.10).

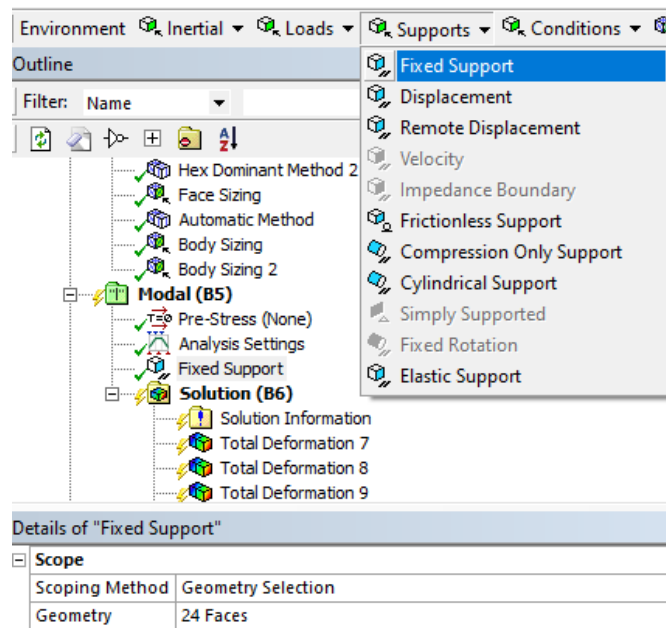


Рис. 3.10 – Інструмент Fixed Support

Наступним кроком є підблок Solution у модулі Modal. В Solution ми обираємо необхідний нам вид аналізу. Для цього потрібно скористатися вкладкою Solution та натиснути на неї правою кнопкою миші, визвавши меню, у котрому можна обрати необхідний вид аналізу (рис. 3.11). Обраний вид аналізу – Total Deformation.

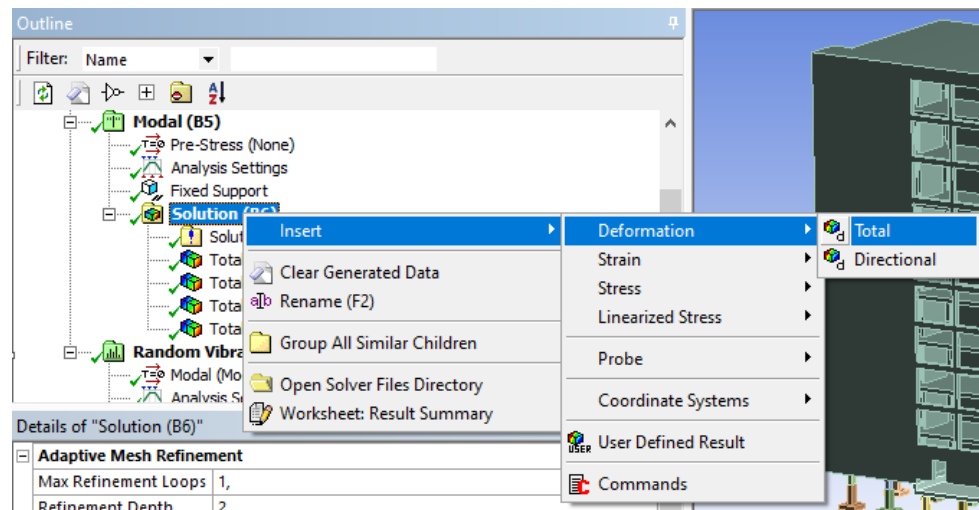


Рис. 3.11 – Аналіз Total Deformation

Далі потрібно визначити скільки мод буде проаналізовано. Було вирішено проаналізувати перші десять мод. Цей параметр змінюється у вкладці Analysis Setting (рис. 3.12).

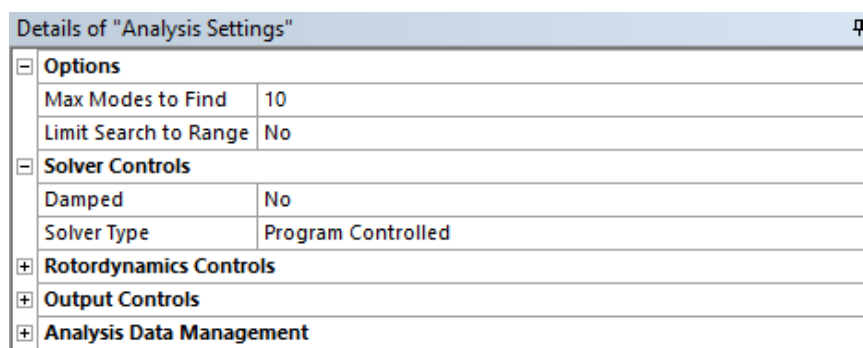
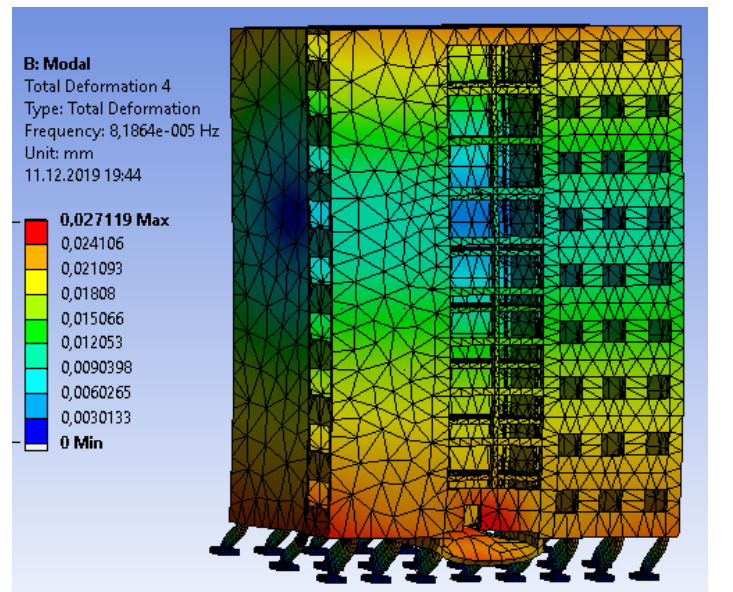
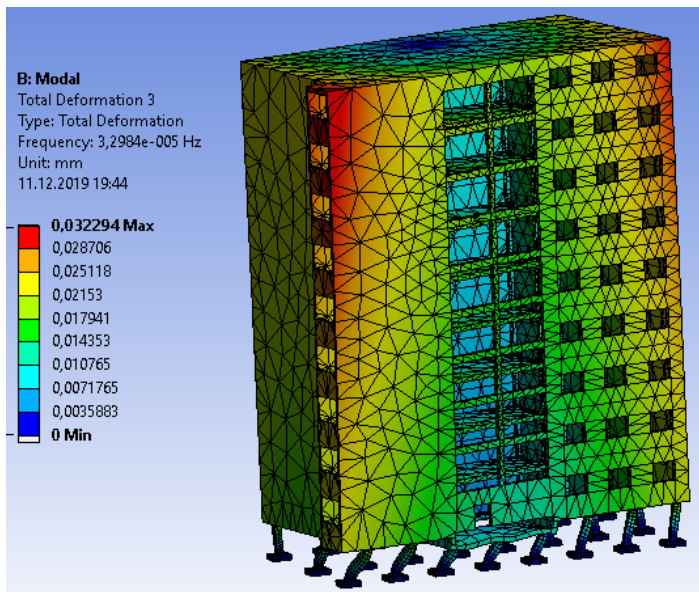
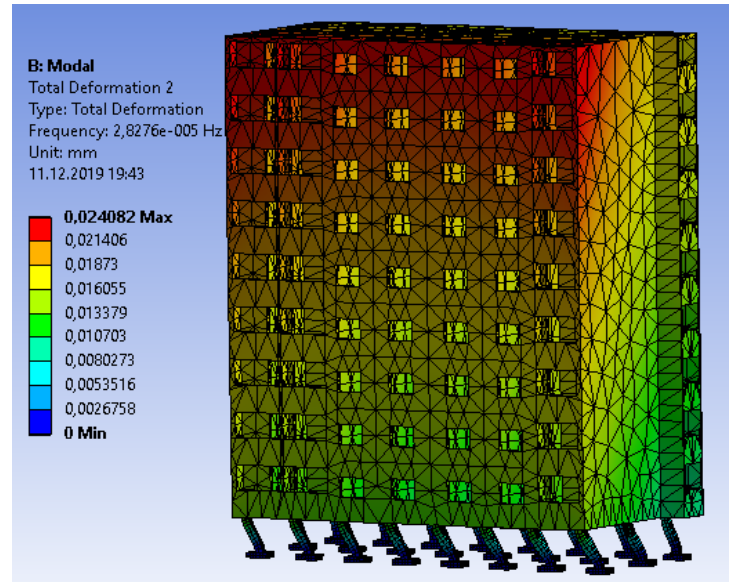
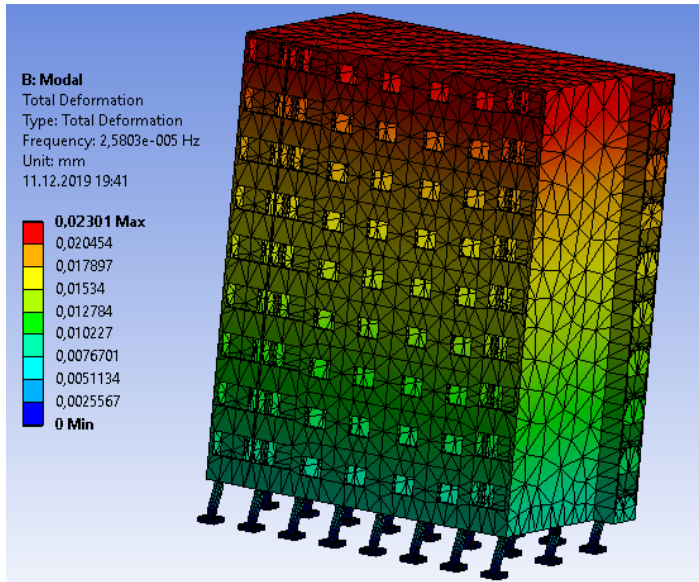


Рис. 3.12 – Параметри аналізу

На рис. 3.13 приведені відповідні результати. Нумерація мод йде зліва на право.

Результати модального аналізу наведені у табл. 3.1, де вказані максимальні частоти при різних навантаженнях.



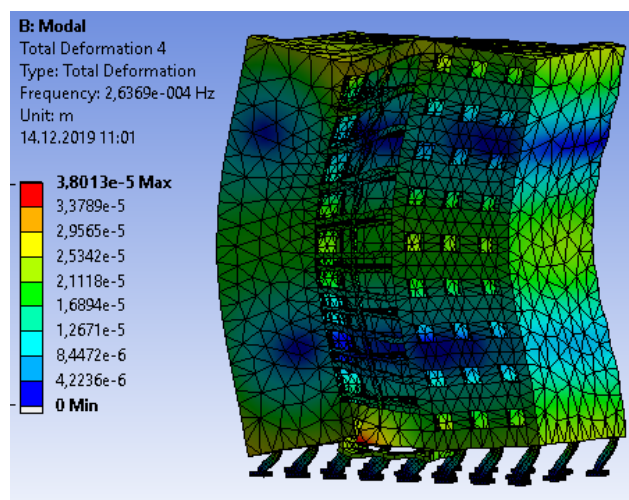
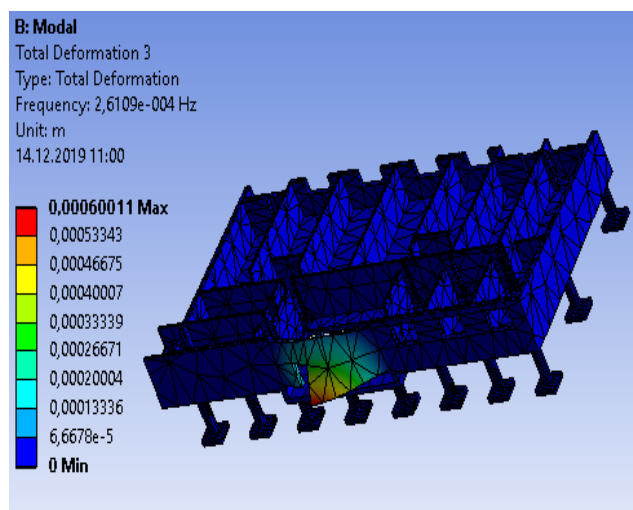
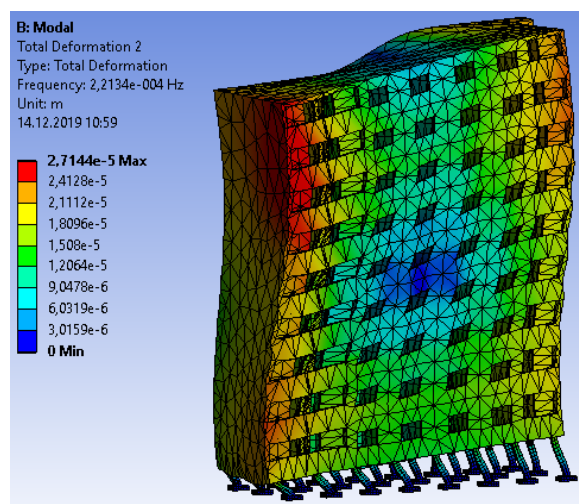
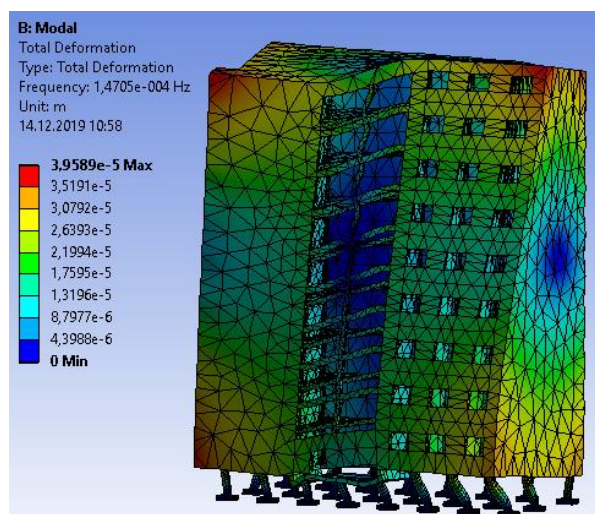
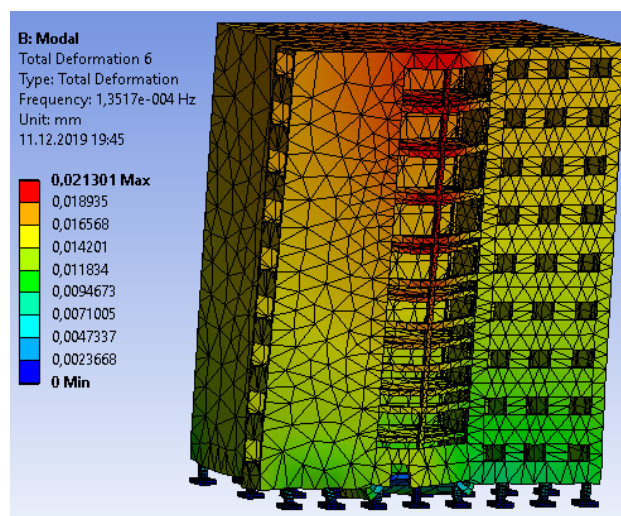
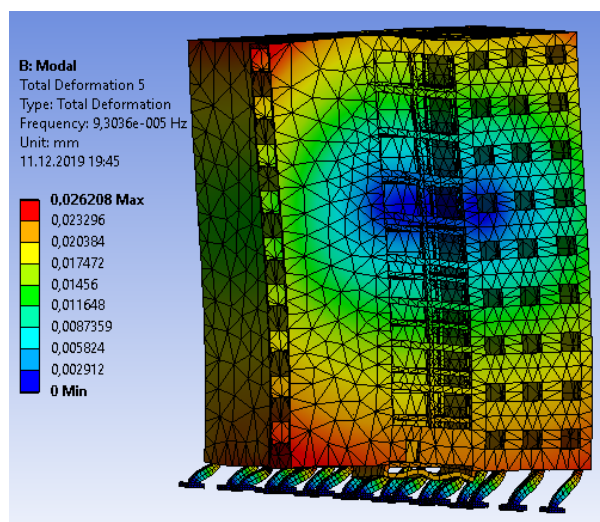


Рис. 3.13 – Результати моделювання Total Deformation, 1-10 моди, власні частоти споруди

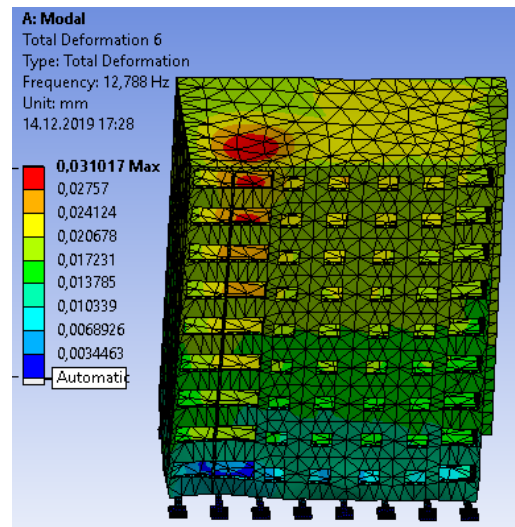
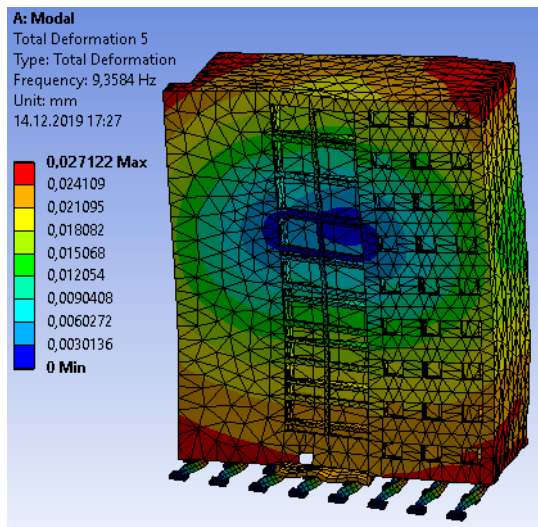
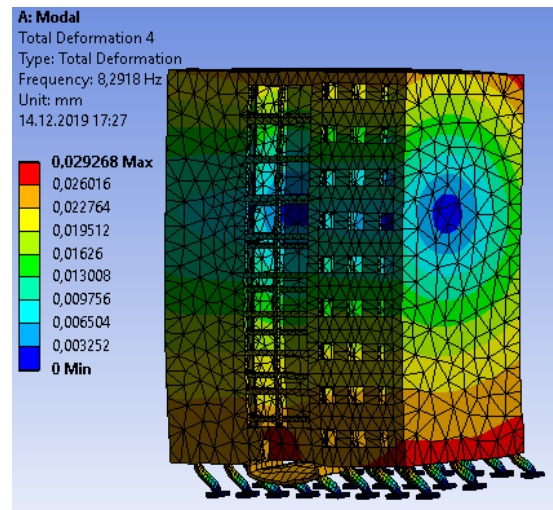
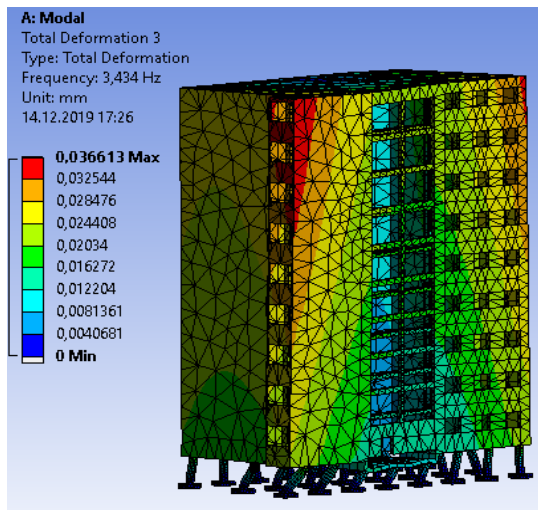
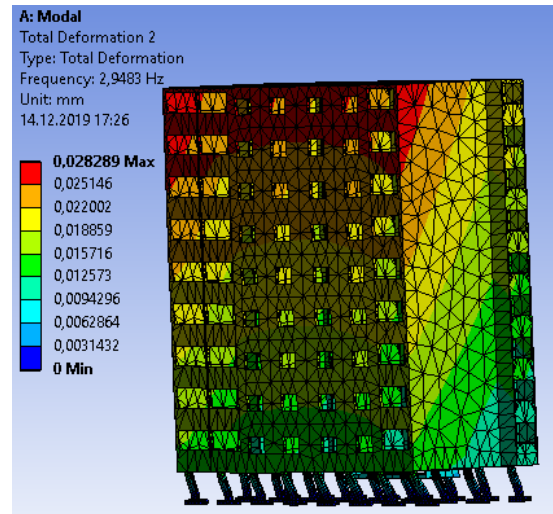
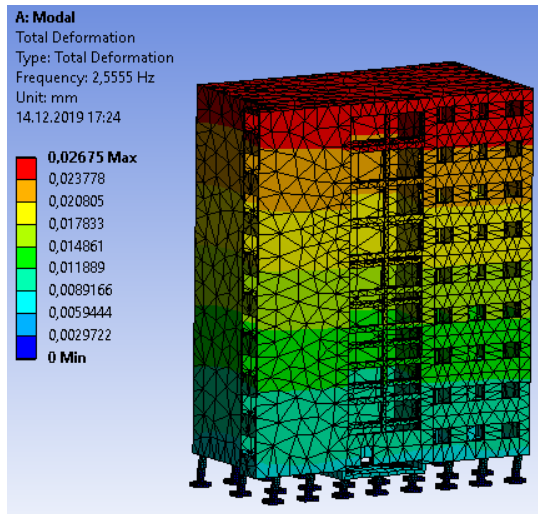
Чисельні значення частот та деформацій наведені у табл. 3.1.

Табл. 3.1. Чисельні значення частот та деформацій

Мода, №	Частота, Гц	Максимальна деформація
1	2,5803e-005 Hz	0,02301 мм
2	2,8276e-005 Hz	0,02408 мм
3	3,2984e-005 Hz	0,03229 мм
4	8,1864e-005 Hz	0,02711 мм
5	9,3036e-005 Hz	0,02620 мм
6	1,3517e-004 Hz	0,02130 мм
7	1,4705e-004 Hz	3,9589e-005 мм
8	2,2134e-004 Hz	2,7144e-005 мм
9	2,6109e-004 Hz	6,0011e-004 мм
10	2,6369e-004 Hz	3,8013e-005 мм

3.1.2 Аналіз спрощеної моделі

Потрібно зробити ті ж самі кроки, які були описані у підпункті 3.1.1. Спочатку завантажуюємо спрощенну модель будинку, після чого будуємо сітку, таку ж саму. Обираємо потрібний матеріал та генеруємо модель. Дадаємо закріплення до фундаменту і починаємо аналіз Total Deformation з десьотью модами. Результати моделювання наведені на рис. 3.14, а чисельні значення частот та деформації у табл. 3.2.



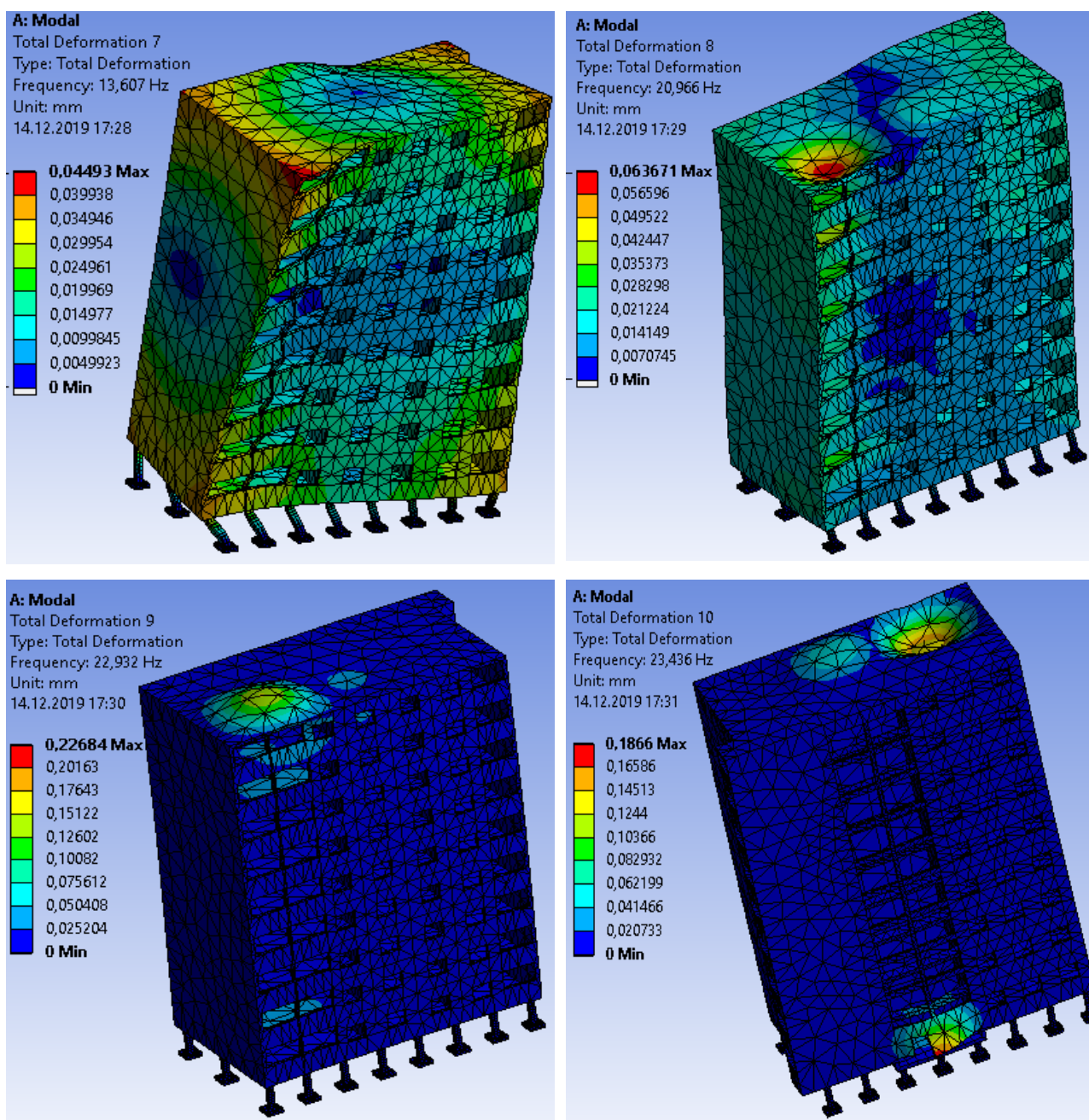


Рис. 3.14 - Результати моделювання Total Deformation, 1-10 моди, власні частоти спрощеної споруди

Табл. 3.2

Мода, №	Частота, Гц	Максимальна деформація
1	2,5555 Hz	0,02675 мм
2	2,9483 Hz	0,02828 мм
3	3,434 Hz	0,03661 мм
4	8,2918 Hz	0,02926 мм
5	9,3584Hz	0,02712 мм
6	12,788 Hz	0,03101 мм
7	13,607 Hz	0,04493 мм
8	20,966 Hz	0,06367 мм
9	22,932 Hz	0,22684 мм
10	23,436 Hz	0,18660 мм

3.1.3 Порівняння результатів

Для порівняння результатів, було проведено моделювання двох різних геометричних моделей:

1. Повної моделі будинку, з урахуванням планування поверху.
2. Спрощеної моделі будинку, без урахування планування поверху.

Отже, за даними аналізу напружень та деформацій, можна зробити висновок, що найбільші деформації виникають у верхній частині будинків та їх фундаментах, найменші – посередені будинку.

З чисельних даних частот та деформацій видно, що повна конструкція будинку краща за спрощенну. Власні частоти повної моделі значно менші ніж у спрощенній, відповідно менше і деформації. Це пояснюється більш жорсткою конструкцією поверху.

3.2 Аналіз випадкової вібрації

Для того, щоб змодельовати дію землетрусу можна скористатися PSD-розрахунком.

ANSYS Workbench дозволяє виконувати розрахунки на випадкові вібрації, які також є розрахунками по спектральній щільності потужності (PSD - потужність спектральної щільності), або, що не дуже строго, просто спектральним розрахунком. PSD-розрахунки по своїй суті є імовірнісними.

3.2.1 Аналіз випадкової вібрації повної моделі

Перед виконанням будь-якого розрахунку по спектральній щільності потужності необхідно знайти власні форми і частоти, які будуть використані в PSD-розрахунку, що було зроблено у попередніх пунктах. Передача даних забезпечується зв'язком між розрахунковими блоками, яка створюється у вікні проекту Workbench, як показано на рис. 3.15. Результати модального розрахунку є вихідними даними для розрахунку випадкових вібрацій. На рисинку показано, що дані, які були вказані у модальному аналізі передаються та взаємодіють з Random Vibration.

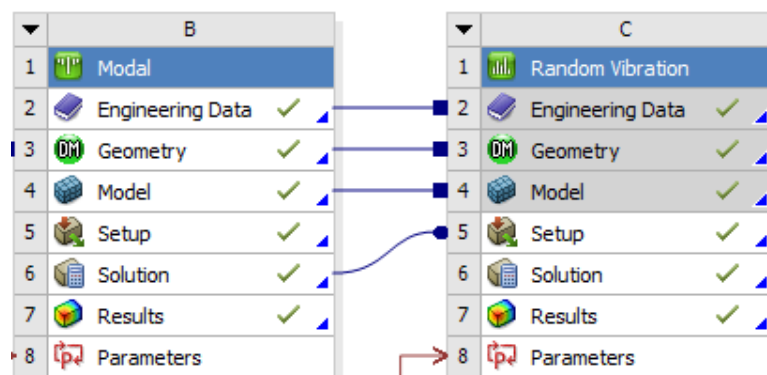


Рис. 3.15 – Передачі даних з Modal у Random Vibration

Модальний розрахунок проводиться як звичайно. Однак, в налаштуваннях виводу результатів (Output Controls) необхідно в поле Nodal Forces встановити «yes», як показано на рис. 3.16. Це налаштування забезпечує вивід в файл результатів даних, які необхідні для визначення зусиль в PSD-розрахунку.

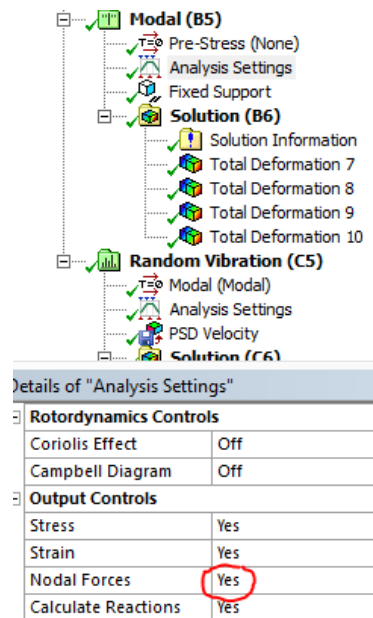


Рис. 3.16 - Включення виводу зусиль у вузлах (Nodal Forces)

Для того, щоб почати розрахунок на випадкову вібрацію потрібно обрати вид PSD-розрахунку. Випадкову вібрацію було задано через PSD-Velocity (рис. 3.17).

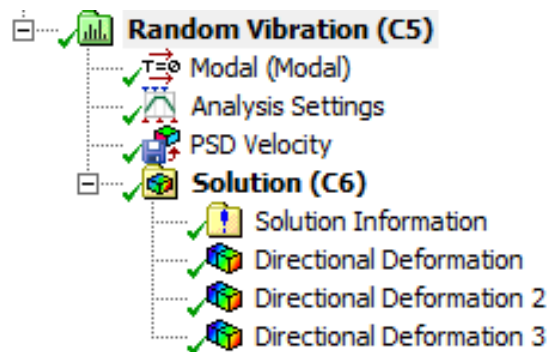


Рис. 3.17 – PSD – Velocity

У налаштуваннях розрахунку (рис.3.18(а)) потрібно вказати граничні умови (Bounded Condition), напрямок дії (Direction) і вихідні дані (рис.3.18(б)).

Details of "PSD Velocity"		Tabular Data	
<div>[-] Scope</div> <div>Boundary Condition Fixed Support</div>			
<div>[-] Definition</div>			
Load Data	Tabular Data	Frequency [Hz]	Velocity [(mm/s) ² /Hz]
Direction	Y Axis	1 5,	1,2e+005
Suppressed	No	2 10,	1,8e+005
		3 15,	2,4e+005
		4 20,	3,e+005
		5 25,	3,6e+005
		6 30,	4,2e+005
		7 35,	4,8e+005
		8 40,	5,e+005
		9 45,	5,4e+005
		10 50,	6,e+005

а)

б)

Рис. 3.18: а) Налаштування розрахунку; б) Вихідні дані

Вихідні дані частоти розповсюдження хвилі та прискорення ґрунту були взяті з даних статистик землетрусів по Україні. Максимальна бальність землетрусу 6 балів. Максимальна частота та прискорення відповідає шістьом балам.

Наступним кроком є сам розрахунок, потрібно натиснути правою кнопкою миші на Solution та натиснути Insert і обрати Directional Deformation (рис. 3.19).

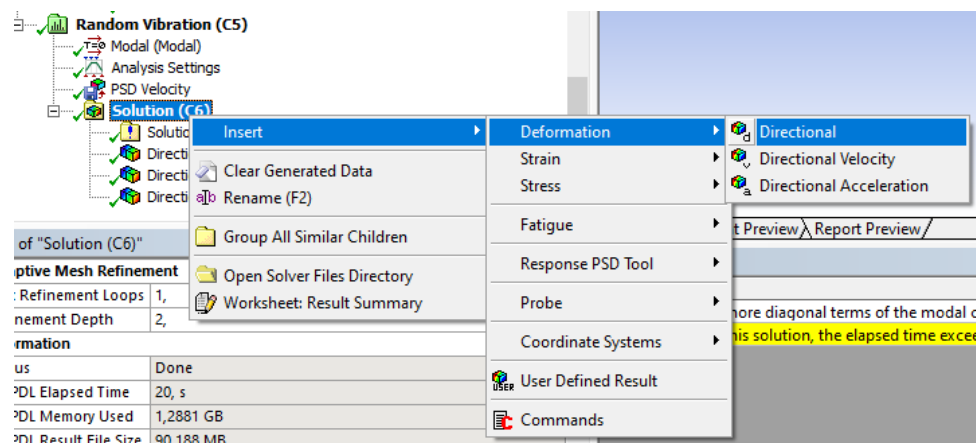


Рис. 3.19 – Аналіз Directional Deformation

У налаштуваннях Directional Deformation (рис. 3.20) потрібно вказати по якій осі буде діяти розрахунок. У нашому вивадку, розрахунок буде проводитись по трьом осям – X, Y, Z. Результати моделювання по осі X наведені на рис. 3.21, осі Y – рис. 3.22, осі Z – рис. 3.23.

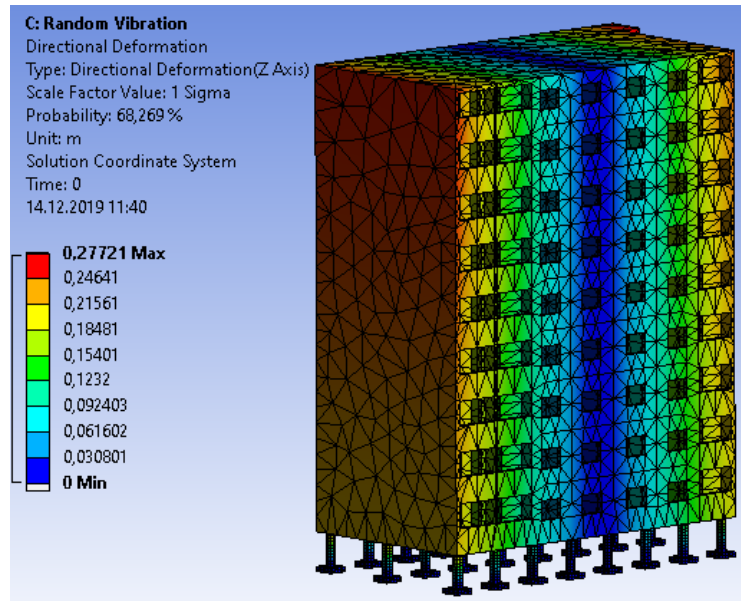


Рис. 3.21 – Розрахунок по осі X

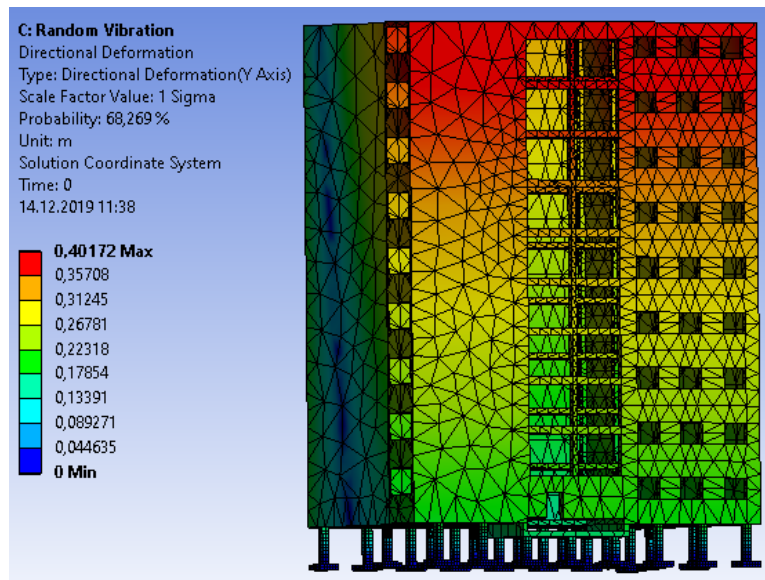


Рис. 3.22 – Розрахунок по осі Y

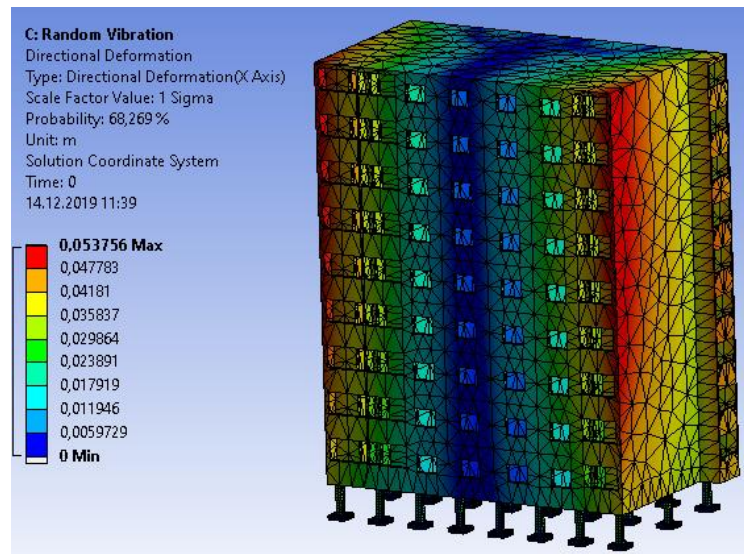


Рис. 3.23 – Розрахунок по осі Z

3.2.2 Аналіз випадкової вібрації спрощеної моделі

Тепер промодельємо спрощенну модель нашої споруди на випадкову вібрацію, здійснивши всі дії, які були приведені вище. Результати моделювання спрощеної моделі по осям X,Y,Z зображено на рисунках 3.24, 3.25, 3.26.

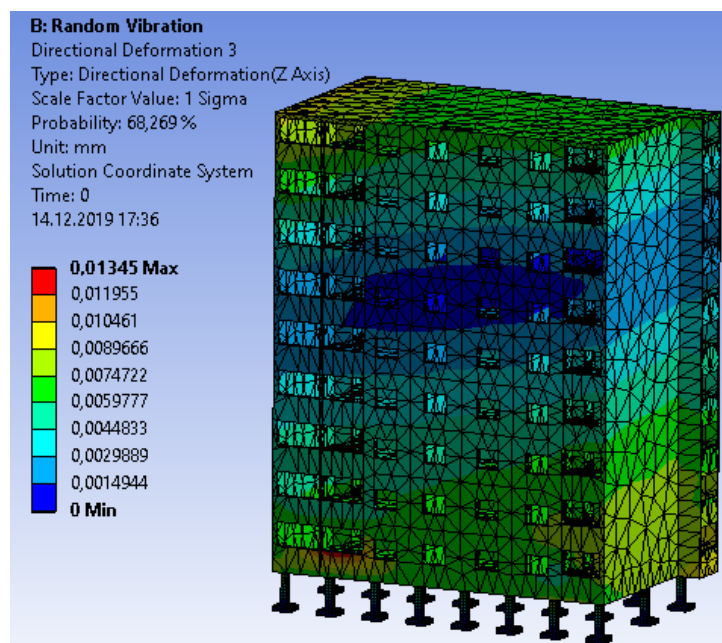


Рис. 3.24 - Розрахунок по осі X

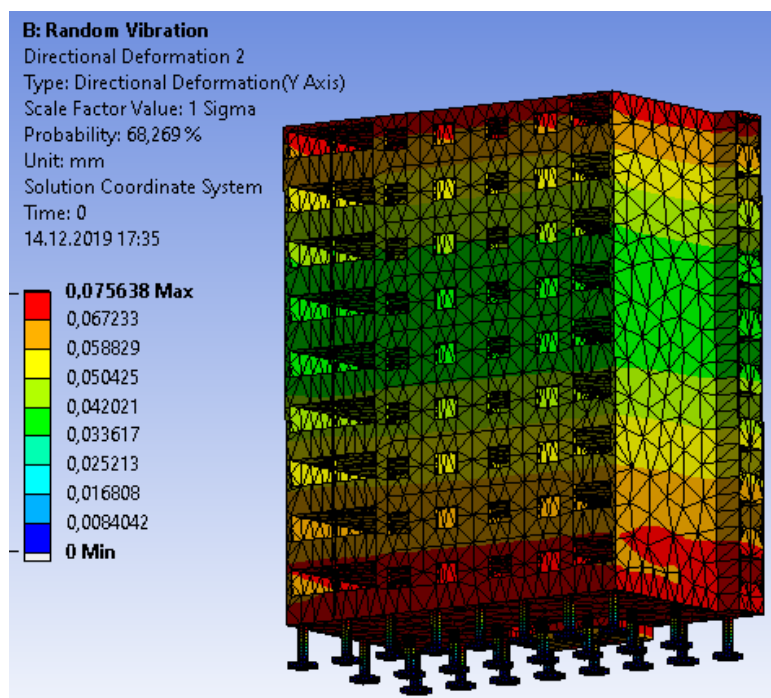


Рис. 3.25 - Розрахунок по осі Y

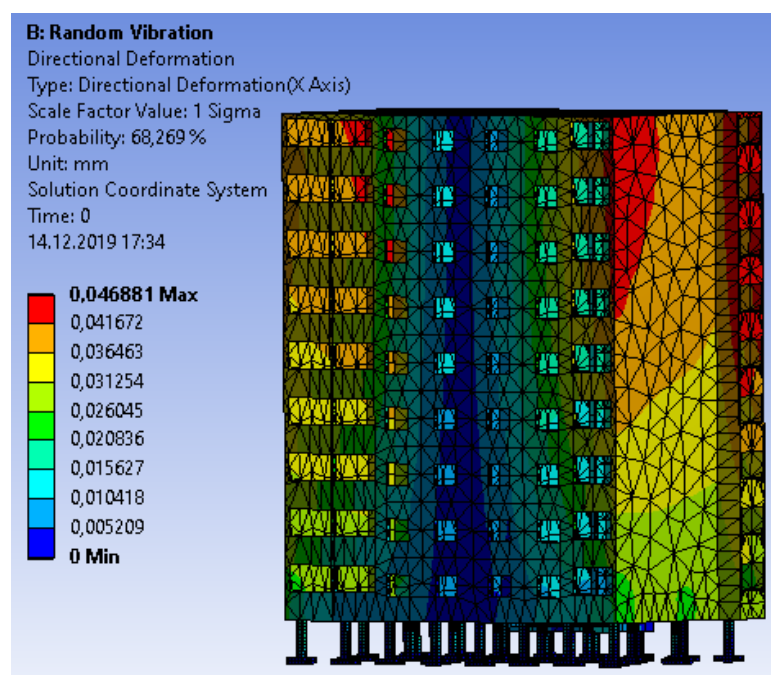


Рис. 3.24 - Розрахунок по осі Z

3.2.3 Порівняння результатів

На результатах моделювання будівельних споруд на випадкову вібрацію показані максимальні деформації конструкції.

Результатом моделювання повної моделі будівлі є деформація: по осі X – 0,27721мм, по осі Y – 0,40172мм, по осі Z - 0,053756мм.

Для спрощеної моделі результати такі: по осі X – 0,01345мм, по осі Y – 0,075638мм, по осі Z - 0,046881мм.

З даних про деформацію бачимо, що випадкова вібрація впливає на повну модель сильніше, ніж на спрощенну. Це можна пояснити зменшеною масою моделі. По рисункам деформацій бачимо, що в основному, великі деформації з'являються у районі фундаменту та криші. Менше всього до деформацій схильні середні поверхи будинків.

Висновки до розділу 3

Під час виконання даного розділу було отримано наступні результати:

1. Описано методику побудови імітаційної моделі імітаційної моделі сполученого аналізу вібрація-споруда у програмного середовищі ANSYS Workbench.
2. Проведено аналіз власних частот споруди (модальний аналіз) за допомогою модуля Modal. Отримано чисельні значення власних частот споруд при різних модах. Використано геометричні моделі будівлей.
3. Проведено імітаційне моделювання динамічного навантаження на будівельні конструкції у вигляді випадкової вібрації за допомогою модуля Random vibration. Показано максимальні деформації при різних власних частотах розподілення хвилі землетрусу і різних прискореннях ґрунту.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів.

Метою розділу є формування інноваційного мислення, підприємницького духу та формування здатностей щодо оцінювання ринкових перспектив і можливостей комерціалізації основних науково-технічних розробок, сформованих у попередній частині магістерської дисертації у вигляді розроблення концепції стартап-проекту в умовах висококонкурентної ринкової економіки глобалізаційних процесів [69].

Завдання розділу полягає в маркетинговому аналізі перспектив реалізації науково-технічних рішень та пропозицій, оцінювання можливостей їх ринкового впровадження.

4.1 Опис ідеї проекту

В таблиці 4.1 наведено цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
------------	-----------------------	------------------------

Можливість проведення імітаційного моделювання інженерних розрахунків у різних сферах діяльності	Приладобудування	Можливість подання імітаційних моделей в 2D і 3D Зменшення витрат на виготовлення Визначення норми напружень та терміну придатності Збільшення нормативного терміну
	Промисловість	Збільшення нормативного терміну Статистичні моделі, діаграми дозволяють оцінити різні виробничі ситуації, що призводить до прийняття швидких і правильних рішень при плануванні виробництва. Зменшення витрат на поточні огляди
	Будівництво	Визначення умов небезпеки експлуатації Збільшення нормативного терміну Зменшення витрат на поточні огляди
	Медицина	Збільшення нормативного терміну Зменшення витрат на ремонтне обслуговування

Висновки: У імітаційному моделюванні виявляють безліч напрямків моделювання, адже тривимірну модель та дефектний розрахунок можна зробити для будь-якої сфери діяльності. Це і є найголовнішою перевагою на ринку послуг. Головними напрямками застосування є промисловість, приладобудування, будівництво, медицина, та ін.

Був визначений перелік слабких, сильних та нейтральних техніко-економічних характеристик (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) та 109 властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко - економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (сла бка стор она)	N (нейтр а льна сторо на)	S (сильн а сторон а)
		Мій проект	AnyLogic	CAE-Servis	3DS Max			
1	Точність вимірювань	Залежить від дискретизац ії	Залежить від дискретизац ії	Залежить від дискретиз ації	Залежить від дискретизац ії	-	-	+
2	Швидкість проведення аналізу	Залежить від геометрії тіла та комп'ютерн ого обладнення	Залежить від геометрії тіла та комп'ютерн ого обладнення	Залежить від геометрії тіла та комп'ютер ного	Залежить від геометрії тіла та комп'ютерн ого обладнення	-	-	+

				обладненн я				
3	Ціна	Встановлена лояльна ціна	Встановлена лояльна ціна	Встановле на лояльна ціна	Встановлена лояльна ціна	-	+	-
4	Розмір початкового капіталовкладе ння	Середнє на ринку	Вище середнього на ринку	Вище середньог о	Середнє	+	-	-
5	Система інформації	Реклама	Реклама	Реклама	Реклама	-	+	-

Висновки: Головною перевагою проекту для користувачів, як видно з таблиці, являється зменшення часу на проведення аналізу. Не менш важливим, є такі технікоєкономічні характеристики, як точність вимірювання, ціна та система інформації, що займають нейтральну позицію. Так як на початку будь-якого бізнесу вкладення коштів перевищує результат доходу, слабку позицію займає початкове капіталовкладення.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

У таблиці 4.3 проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
----------	--------------	--------------------------	-------------------------	---------------------------

1	Імітаційне моделювання інженерних розрахунків у різних областях науки та техніки	Імітаційне моделювання за допомогою програмного комплексу ANSYS	Наявна	Доступна
2		Імітаційне моделювання за допомогою програмного комплексу Abaqus	Наявна	Доступна
3		Імітаційне моделювання за допомогою програмного комплексу Cosmos Works	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Імітаційне моделювання за допомогою програмного комплексу ANSYS. ANSYS-це універсальна програмна система кінцево-елементного аналізу.				

Висновки: за допомогою, технологічного аудиту було обрано технологію реалізації проекту, а саме імітаційне моделювання за допомогою програмного комплексу ANSYS. В наш час, всі існуючі технології є доступними для моделювання, отже, було обрану найточнішу та коректну до результатів розрахунку технологію реалізації проекту. Також, важливу роль, грає час проведення одного аналізу моделювання.

4.3 Аналіз ринкових можливостей

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 4.4. Поперелня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	15
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	1.Висока ціна 2.Кваліфікованість спеціалістів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Наявність ліцензійного пакету
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	75-80 %

Висновки: Динаміка ринку стрімко зростає на попит даного продукту, це є головними перевагами показників стану ринку, що призведе до підвищення обсягу продаж. Присутні також фактори загрози для виходу на ринок, ось деякі з них: високе ціноутворення та рівень знань у спеціалістів, що виконують імітаційне моделювання. Середня норма рентабельності в галузі (або на ринку) є досить високою – 75-80%, це означає, що проект рентабельний для входження на ринок.

Для отримання більш чіткої картини ситуації на ринку визначимо потенційні групи клієнтів (табл.4.5), їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Пошкодження та руйнування об'єкту під час нормативного строку експлуатації	Будівельні компанії	Надається перевага ергономіці та точності.	Висока точність Зручність в експлуатації. Швидкі терміни отримання результату
2	Визначення строку експлуатації продукції	Приватні та державні виробництва	Надається перевага ергономіці, точності розрахунку та швидкості.	Висока точність Зручність в експлуатації

Висновки: З отриманих результатів аналізу видно дві головні потреби, що формують ринок. Перша це: пошкодження та руйнування об'єкту під час нормативного строку експлуатації, друга: визначення строку експлуатації продукції. В даному випадку, головною перевагою є те, що за допомогою імітаційного моделювання програмним комплексом (ANSYS) можливо вирішення даних потреб.

Проведемо аналіз факторів ринкового середовища що сприяють ринковому впровадженню (табл. 4.6.) проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 4.7.). Результати введемо до таблиці.

Таблиця 4.6. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Продовження строку експлуатації об'єкта	Зменшення витрат на ресурс	Розширення клієнтської бази. Вивчення нових комплексів.
2	Дослідження фізичних, технічних, хімічних та ін. процесів	Іншим чином дослідити не можливо	Розвиток молодих спеціалістів. Встановлення рекламної компанії.

3	Дослідження деформації тіла	Іншим чином дослідити не можливо	Наявність кваліфікованої технічної підтримки. Встановлення рекламної компанії. Опрацювання нових методик розрахунку.
4	Дослідження процесів руйнування об'єкта	Іншим чином дослідити не можливо	Закупівля нового обладнання. Встановлення рекламної компанії.
5	Визначення нормативних характеристик об'єкта	Іншим чином дослідити не можливо.	Встановлення рекламної компанії. Вивчення нових комплексів

Висновки: Для поліпшення становища даного сегменту ринку головними факторами є те, що на даний момент не знайшли кращого способу вирішення для дослідження фізичних, технічних та хімічних процесів. Головною перевагою та користю для об'єкта дослідження є те, що за допомогою імітаційного моделювання зменшуються витрати на технічну підтримку об'єкта.

Таблиця 4.7. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Ріст конкурентів	Ріст конкурентоспроможних фірм	Покращення характеристик продуктів, випуск нових конкуренто-спроможних продуктів
2	Висока вартість робіт	Зменшення кількості замовлень; Перехід до конкурентів	Встановлення конкурентоспроможної вартості за виконання розрахунку.
3	Не компетентність робітників	Не точність та неадекватність інженерних розрахунків	Розширення відділу. Курси підвищення кваліфікації для молодих спеціалістів

4	Час виконання моделювання	Зменшити кількість замовлень. Збільшити витрати на електроенергію	Закупівля нового процесорного обладнання
5	Зменшення якості розрахунку	Не точність та неадекватність інженерних розрахунків	Встановлення нового пакету ліцензій. Підвищення кваліфікації спеціалістів.

Висновки: найбільш впливовими негативними факторами є великий ріст конкурентів на ринку, висока вартість за виконання робіт та некомпетентність фахівців. Існують різні стратегії розвитку компанії, отже ці фактори не є критичними. Також потрібно врахувати такий важливий фактор, як швидкість процесу моделювання. За особистими підрахунками було виявлено, що процес моделювання може займати достатньо багато часу, від 30 секунд до 3х-4х діб, це негативно впливає на техніко-економічні характеристики компанії.

Надалі проведемо аналіз пропозиції (табл. 4.8.), де визначимо загальні риси конкуренції на ринку.

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: чиста	На ринку існує не багато фірм які пропонують послуги даного типу	Потрібно працювати над репутацією компанії, забезпечуючи високу якість та точність результатів.
2. Рівень конкурентної боротьби: національний	Замовниками таких товарів є фірми з різних країн. Доставка товару не відіграє велику роль в цьому сегменті	Ведучи конкуренцію на національному рівні, компанії необхідно прикласти належні зусилля для охоплення

		всього національного ринку
3. За галузевою ознакою: міжгалузева	Даний вид послуг застосовується в різних галузях виробництва	Розширювати спектр надання послуг
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Конкуренція присутня між товарами одного виду.	Підвищення якості, точності вимірювання та зменшення похибки пристрою.
5. Конкуренція за характером конкурентних переваг: цінова	Ціни на такі послуги дуже високі, за допомогою нового алгоритму та нових компонентів зменшується ціна на пристрій	Підприємство може працювати над покращенням методу обробки тим самим дозволяючи не збільшувати ціну на продукт
6. Конкуренція за інтенсивністю: марочна	Велику роль відіграє репутація компанії, що надає розрахунки	Збільшення кількості реклами та задовільнити потреби споживачів.

Висновки: продукцію даного типу випускають на ринку не велика кількість фірм, оскільки ринок є специфічним. При цьому ціни на розрахунки дуже високі, адже з кожним днем розробляються нові алгоритми підвищення точності програмного комплексу, що призводять до якісних результатів моделювання. Точність результату моделювання підвищує строки експлуатації об'єкта.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю п'яти сил М. Портера (табл.. 4.9.).

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
------------------	---------------------------	-----------------------	---------------	---------	------------------

	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сил постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки: ринок не є заповненим, але конкуренція висока, оскільки компанії які являються конкурентами мають високу репутацію. Недоліком являється необхідний високий рівень капіталовкладень	CAE-SERVIS AnyLogic 3DS Max	Висока репутація конкурентних фірм Необхідний розмір капіталовкладень	Зазвичай постачальники не диктують умови співпраці	Споживачі можуть бути чутливими до зміни ціни, Реакція на рекламу конкурента	Імітаційне моделювання геометрії тіла за допомогою більш точних програм

На основі аналізу конкуренції, проведеного наведеного в табл. 4.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту, що наведені в табл. 4.2, вимог споживачів до товару (табл. 4.5.) та факторів маркетингового середовища (табл. 4.6, 4.7) визначимо та обґрунтуємо перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлено в табл. 4.10.

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Точність розрахунку програмного комплексу	Підвищення точності вимірювання, підвищує довіру до товару. Чим вище точність розрахунку, тим вище попит на моделювання
2	Кваліфікація спеціалістів	Від кваліфікації фахівця залежить точність та адекватність розрахунку.
3	Лояльне ціноутворення	Встановлена ціна за послуги повинна бути адекватною, але не нижче конкурентних.
4	Гнучкість	Можливе швидка «адаптація» фахівців при зміні версії програмного комплексу та перепрограмуванні.

5	Швидкість визначення результатів	Якісний та швидкий результат – це запорука задоволеного клієнта
6	Готова методика моделювання	При готовій методиці моделювання зменшується час очікування для покупця
7	Обслуговування	Споживачі потребують консультування
8	Репутація	У зв'язку зі специфічністю даного сегменту ринку даний фактор є важливим для остаточного рішення клієнта

Висновки: для даного типу продукції виділяють вісім основних факторів конкурентоспроможності. При якісному обслуговуванні та задовільній кваліфікації фахівців можливий вихід на конкурентний рівень. При виконанні всіх основних факторів компанія має великі шанси стати лідером на ринку.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.11).

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з CAE-SERVIS, AnyLogic, 3DS Max						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Точність розрахунку програмного комплексу	20				+			
2	Кваліфікація спеціалістів	15							+
3	Швидкість визначення результатів	9		+					
4	Гнучкість	16					+		
5	Лояльне ціноутворення	13					+		

6	Готова методика моделювання	11						+	
7	Обслуговування	14			+				
8	Репутація	6							+

Висновки: був проведений порівняльний аналіз стартап-проекту з вже існуючими конкурентами. Було виявлено, що головними перевагами серед конкурентів є обслуговування та точність розрахунків. Якщо побудувати чіткий план конкурентоспроможності та уважно його виконувати, проект має всі шанси стати лідером серед конкурентів, адже майже всі показники, стають на рівні з конкурентами. Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), що наведено в таблиці 4.12. на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.11).

Таблиця 4.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: можливість моделювання будь-якого об'єкту та у будь-якій сфері діяльності. Висока точність розрахунку, якісне обслуговування	Слабкі сторони: низька репутація підприємства на початку впровадження проекту в життя, слабе самозабезпечення фінансовими ресурсами, висока вартість за послуги
Можливості: дослідження складних об'єктів, швидкий розвиток за рахунок, впровадження експлуатації об'єкта.	Загрози: Винайдення кращих програмних комплексів, низька швидкість розрахунку складних процесів, кваліфікованість спеціалістів, зниження попиту на продукцію.

Висновки: на основі SWOT-аналізу були виділені слабкі та сильні сторони проекту, а також сформульовані фактори можливостей росту компанії та фактори загрози. Головними чинниками загрози є можливість появи кращих програмних комплексів для імітаційного моделювання. Головними перевагами є те, що на даний момент альтернативи для розрахунку, окрім інших програмних комплексів, не винайдено. За допомогою програмного комплексу можливо зробити імітаційне моделювання будь-якого об'єкту, який знаходиться на етапі розробки чи повноцінно існуючу модель. Дослідити взаємодію об'єкта з факторами руйнування, визначити строк експлуатації, розрахувати найсильніші напруги та ін.

На основі SWOT-аналізу розробимо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та визначимо орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Встановлення конкурентоспроможних цін	Якщо ціни на послуги не будуть значно перевищувати цін конкурентів, буде встановлений більший потік клієнтів.	2-3 місяці
2	Удосконалення методів розрахунку	При підвищенні якості та точності розрахунків, продукт буде більш конкурентоспроможний.	1 місяць
3	Підвищення кваліфікаційного рівня робітників	Завдяки підвищенню кваліфікації працівників компанії, розрахунки будуть більш точними	2 місяці

4	Закупівля нового комп'ютерного обладнання	Закупівля більш потужних процесорів, забезпечить високу швидкість моделювання та розрахунків.	В залежності від встановленого фінансування від 1 тижня до 3 місяців
---	---	---	--

Висновки: найкращою альтернативою ринкової поведінки буде закупівля ефективного, нового комп'ютерного обладнання, тому що завдяки закупівлі більш потужних процесорів, підвищиться швидкість розрахунків та моделювання. Швидкі результати імітаційного моделювання є успішною умовою для клієнта, а це призведе до збільшення обсягу робіт.

4.4 Розроблення проекту ринкової стратегії

Розробка ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.14).

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Медицина	Висока	Середня	Не інтенсивна	Низький
2	Виробництво	Висока	Високий	Не інтенсивна	Низький
3	Приладобудування	Середня	Середня	Не інтенсивна	Низький
4	Промисловість	Середня	Низький	Не інтенсивна	Низький
5	Будівництво	Середня	Низький	Не інтенсивна	Низький

Висновки: Було обрано цільові групи: виробництво та медицина. На другому місці потенційним клієнтом, орієнтовано може бути, приладобудування. Стратегію охоплення ринку було обрано – диференційований маркетинг. Тому що компанія працює з кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 4.15.).

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Масовий маркетинг	Якісний продукт з низькою ціною, та високим ступенем автоматизації.	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Передбачається розвиток ринку	Ні, вся система є значно модифікованою, і в копіюванні немає потреби	Зайняття конкурентної ніші

Висновки: головним планом розвитку проекту є достатньо великий обсяг аудиторії. Проект спрямований на збільшення кількості постійних клієнтів, що

дає змогу зробити якісний та швидкий аналіз моделювання. Кожне імітаційне моделювання є унікальним та не належить шаблонному виробництву.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до продукту та до постачальника, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробимо стратегію позиціонування (табл. 4.17).

Таблиця 4.17 - Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Якість	Стратегія спеціалізації	Точність, швидкість, гнучкість	Швидкість, гнучкість, точність
2	Ціна	Стратегія диференціації	Доступна ціна для споживачів та висока якість.	Якість, гнучкість, доступність
3	Обслуговування	Стратегія диференціації	Легке та швидке обслуговування, гнучке встановлення, надання професійної та технічної консультації	Адекватність розрахунків, надання інформативної бази

Висновки: окрім якісного обслуговування та високої точності, компанія потребує вдосконалення системи, а саме: поліпшення конкурентних цін, закупівля потужного обладнання та підвищення кваліфікації працівників. Данні стратегії призведуть до уникнення переходу клієнтів до конкурентів.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач табл. 4.18.

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Швидкість	Швидкість процесу моделювання	За рахунок потужного обладнання, значно зростає можливість підвищення швидкості моделювання, що призведе до потоку нових клієнтів та можливості проведення великих кількостей розрахунків від перевірених постачальників.
2	Якість	Високі показники якості та адекватності розрахунків	Можливість підвищити рівень споживачів, за рахунок гарної репутації
3	Точність	Високі показники точності моделювання	За рахунок високих показників точності моделювання, клієнт має довіру до компанії. Створення постійної клієнтської бази та хорошої репутації.

Висновки: головними впливовими критеріями проекту є точність, швидкість та якість результатів. Дані критерії підвищують рівень споживачів, за рахунок хорошої репутації. Це спричинено адекватністю вимірювань та виконаними у відповідний термін результатами. За рахунок даних умов оцінки моделювання, підвищення терміну експлуатації об'єкта значно зростає.

Розробимо трирівневу маркетингову модель товару (табл. 4.19).

Таблиця 4.19 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові	
I. Товар за задумом	Точність в проведенні імітаційного моделювання інженерних розрахунків у різних сферах діяльності.	
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	
	1. Параметри геометрії об'єкта	Мм 30-70с
	2. Швидкість проведення моделювання	
	3. Вісь	0...360°
	4. Сила тяжіння	Н
	5. Навантаження	Па
	6. Густина речовини	кг/м ³
	7. Джерело живлення	100В~240V, 50/60Гц
	Якість: виконання моделювання на ліцензійному обладнанні, кваліфікованим інженером.	
	Пакування надсилається в електронному вигляді, або за допомогою флеш-пам'яті.	
	Марка: ANSYS WORKBENCH	
III. Товар із підкріпленням	До продажу встановлення програмного комплексу на ЕОМ	
	Після продажу	

	Оновлення програми до нової версії та встановлення ліцензії
Потенційний товар за рахунок логотипу буде захищений від копіювання, патент, введення комерційності на розрахунки.	

Висновки: було здійснено трьох рівневий опис моделі товару (корисної моделі). Розкриті основні елементи моделювання та вказані основні моменти пакування та якості об'єкту корисної моделі.

Наступним кроком визначимо цінові межі (табл. 4.20).

Таблиця 4.20 - Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	100 тис. грн	~300 000грн	Високий	100000/250000 грн

Висновки: при збільшенні кількості клієнтів, знижується ціна на послуги ніж на сучасні аналоги. Головними та найбільш впливовими перевагами методу розрахунку моделювання є якість, точність та адекватність вимірів. Дані властивості відіграють важливу роль та конкурентні серед продуктів-аналогів.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 4.21).

Таблиця 4.21 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Попереднє замовлення з підписанням контракту	Моделювання проводиться чітко у визначені терміни	Прямий	Прямий

Висновки: у зв'язку з тим, що обслуговується достатньо вузький напрямок ринку тому варто не використовувати посередників, а використовувати прямий канал збуту.

Головними умовами збуту для постачальника є виконання терміну готового моделювання.

Висновки до розділу 4

У процесі виконання даного розділу було з'ясовано основні маркетингові аспекти створення стартапу, визначення перспектив реалізації проекту та розроблення маркетингової стратегії.

Головною метою створення стартапу є вихід продукту на конкурентний ринок в якості відокремленої компанії. Процес створення вимагає детальних прорахунків та врахування ряду внутрішніх та зовнішніх факторів. За допомогою аналізу, було обрано ідею проекту, яка полягає в створенні можливості проведення імітаційного моделювання інженерних розрахунків. Ця ідея дає змогу споживачу отримати складні та водночас точні розрахунки, що в перспективі встановлюють оптимальний нормативний термін, зменшують витрати споживача на виготовлення та ремонт будь-якого об'єкту, а також визначають умови небезпеки експлуатації об'єкта. При даних параметрах оцінки моделювання строк експлуатації об'єкта значно зростає.

Головними критеріями проекту є точність, якість та швидкість результатів. Вказані критерії можуть підвищити рівень споживачів, за рахунок репутації. Це спричинено точністю вимірювань та адекватністю, які виконані у встановлений термін.

Визначено головні потреби споживачів та заходи їх реалізації. Також була проведена оцінка сильних та слабких сторін проекту та розрахована собівартість виробу та можливий прибуток. Також виконано порівняльний аналіз конкурентів.

При розробці стартап-проекту було оцінено та сформульовано різні заходи ринкового впровадження. Якщо дотримуватись чіткого плану дій, то за даним аналізом, можна дійти висновку, що проект є рентабельним та має всі шанси стати конкурентоспроможним.

ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд стану проблеми, під час якого виявлено, що проблема надійності будівельних конструкцій на даний час є актуальною та не до кінця вирішено. Основне коло задач, які вирішують інші дослідники за допомогою імітаційного моделювання включає в себе покращення технологічних процесів, покращення матеріалів.

2. Проведено геометричне моделювання будівельних споруд. Зроблено огляд класифікації будинків та фундаментів. Було обрано певний тип будівлі та фундаменту, виходячи з можливостей розрахунку та актуальності споруди у повсякденному житті. Побудовано тривимірні моделі споруд.

3. Описано методику побудови імітаційної моделі імітаційної моделі сполученого аналізу вібрація-споруда у програмного середовищі ANSYS Workbench.

4. Проведено аналіз власних частот споруди (модальний аналіз) за допомогою модуля Modal. Отримано чисельні значення власних частот споруд при різних модах. Використано геометричні моделі будівлей.

5. Проведено імітаційне моделювання динамічного навантаження на будівельні конструкції у вигляді випадкової вібрації за допомогою модуля Random vibration. Показано максимальні деформації при різних власних частотах розпосюдження хвилі землетрусу і різних прискореннях ґрунту.

6. Було з'ясовано основні маркетингові аспекти створення стартапу, визначення перспектив реалізації проекту та розроблення маркетингової стратегії. Було оцінено та сформульовано різні заходи ринкового впровадження. Якщо дотримуватись чіткого плану дій, то за даним аналізом,

можна дійти висновку, що проект є рентабельним та має всі шанси стати конкурентоспроможним.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Макова А. С. Перспективы развития имитационного моделирования //Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №. 7-1. – С. 59-60.
2. Павленко Р. М. и др. Побудова і дослідження математичної моделі якості засвоєння базової дисципліни методом імітаційного моделювання : дис. – Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Демянчука, 2011.
3. Сутність та поняття імітаційного моделювання [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://studopedia.com.ua/1_229881_sutnist-ta-ponyattya-imitatsiynogo-modelyuvannya.html.
4. Задоров В. Б., Шпирний В. Т., Шабала Є. Є. Використання імітаційного моделювання для формування нормативів витрат ресурсів для будівельних процесів //Управління розвитком складних систем. – 2013. – №. 13.
5. Хаткова Л. В., Дагиль В. Г. Проблемы надежности зданий и сооружений при воздействии нагрузок и высоких температур //Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2016. – №. 4. – С. 41-43.
6. Кузин Н. Я., Мищенко В. Н., Мищенко С. А. Управление технической эксплуатацией зданий и сооружений. Учебное пособие //Изд-во Инфра-ММ. – 2014.
7. Левченко В. Н. и др. Пути решения проблемы надежности строительных конструкций зданий и сооружений //Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2014. – №. 4. – С. 36-38.
8. Физдель И. А. Дефекты в конструкциях и сооружениях и методы их устранения. – Стройиздат, 1978.

9. Дефекты бетонных и железобетонных конструкций [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://megaobuchalka.ru/10/19028.html>
10. Дефекты бетона, их классификация и устранение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://proverka-doma.ru/defektyi-betona/>
11. Разрушение бетона [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://omega-beton.ru/informatsiya/stati/razrushenie_betona/
12. Джирма С. А. Трещины в конструкциях из бетона и железобетона. Технология выполнения работ по устранению трещин. – 2010.
13. Воськало В. І. Використання новітніх технологій у житловому будівництві та стратегіях його розвитку //Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – №. 6. – С. 232-236.
14. Парфентьева І. О., Михальчук Т. Г., Шафранська О. З. Нові технології швидкого та економічного зведення житлових будинків //Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – 2016. – №. 5. – С. 25-31.
15. Технологія зведення «ЕкоКуб» [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://postroyka22.ru/tehnologiya-stroitelstva-ekokub/>
16. Новый материал - керамичний блок [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://kerameya.com.ua/uk/ceramic-block/keramicheskij-blok>
17. Мікробні паливні елементи [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://iworm.com.ua/archives/10175>
18. Технології, які змінюють світ [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://iino.knuba.edu.ua/bloh/298-10-nespodivanykh-budivelnikh-tekhnologii-iaki-mozhut-zminyty-svit>
19. Chandra J., Warnitchai P. Application of buckling restrained braces for seismic strengthening of irregular gravity load designed reinforced concrete frame buildings //Civil Engineering Dimension. – 2011. – Т. 13. – №. 2. – С. 65-74.

20. Ye R. et al. Preparation, mechanical and thermal properties of cement board with expanded perlite based composite phase change material for improving buildings thermal behavior //Materials. – 2015. – Т. 8. – №. 11. – С. 7702-7713.
21. Osiński R., Bąk G. Wpływ niejednorodności betonu na reakcję sprężystą próbki obciążonej dynamicznie //Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej. – 2016. – Т. 65. – №. 4. – С. 13--30.
22. Зачко О. Б., Головатий Р. Р. Мультиагентна модель управління безпекою при плануванні проектів створення об'єктів з масовим перебуванням людей. – 2017.
23. Колосков В. Ю. Імітаційне моделювання міцності несучих конструкцій об'єктів залізничної інфраструктури : дис. – ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА (ДПТ), 2016.
24. Федотова С. Ю. Імітаційні моделі розподілу ресурсів та техніко-економічної оцінки ефективності інноваційно-інвестиційних проектів будівництва споруд за неповної вихідної інформації //Ефективна економіка. – 2011. – №. 1.
25. Задоров В. Б., Васильєв О. О. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТІВ І ПРОЦЕСІВ БУДІВНИЦТВА В СЕРЕДОВИЩІ МОВИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ «АІМО» //Управління розвитком складних систем. – 2013. – №. 14.
26. Басалаев А. А. Распределенное имитационное моделирование системы теплоснабжения зданий в среде VisSim //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2013. – Т. 13. – №. 2.

27. Каменский Д. П., Гаряев Н. А. Применение имитационного моделирования в системах жизнеобеспечения зданий //Вестник МГСУ. – 2011. – №. 6.
28. Каменский Д. П., Гаряев Н. А. Имитационное моделирование и система поддержки принятия решений //Вестник МГСУ. – 2011. – №. 6.
29. Сафонов Е. В., Разнополов К. О., Бондарев Ю. Л. Имитационное моделирование здания, оснащенного индивидуальным тепловым пунктом //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2012. – №. 37 (296).
30. Castell A., Medrano M., Goia F. Modelling Envelope Components Integrating Phase Change Materials (PCMs) with Whole-Building Energy Simulation Tools: a State of the Art //Journal of Facade Design and Engineering. – 2018. – Т. 6. – №. 3. – С. 132-148.
31. Цибульник С. О. Вдосконалення засобів функціональної діагностики та захисту резервуарів на основі імітаційного моделювання : дис. – НТУУ" КПІ", 2016.
32. Колосков В. Ю. Моделирование прочности несущих конструкций зданий под час пожежі //Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – №. 38. – С. 83-90.
33. Данилов В. И. Имитационное моделирование деформационно-прочностных свойств проектируемых фундаментных плит при возможных естественных и техногенных воздействиях //Приволжский научный вестник. – 2013. – №. 11 (27).
34. Данилов В. И., Кашеварова Г. Г. Имитационное моделирование проектов безопасной реконструкции существующих строений, расположенных на территориях развития карста //Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2013. – №. 2. – С. 13-18.

35. Гизатуллин З. М. Анализ электромагнитной обстановки внутри зданий при воздействии разряда молнии //Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. – №. 1-2.
36. Дюкина Н. С. и др. Моделирование поведения сооружений при мелкофокусном и глубокофокусном землетрясениях //Проблемы прочности и пластичности. – 2014. – Т. 4. – №. 76. – С. 279-287.
37. Кравченко Г. М., Труфанова Е. В., Долженко А. В. Динамический расчет зданий на ветровые нагрузки с учетом пульсационной составляющей //APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – №.
38. Завалишин С. И. и др. Динамический мониторинг зданий и сооружений для контроля их сейсмостойкости //Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. – 2009. – №. 8. – С. 42-53.
39. Исаев С. А. и др. Моделирование ветрового воздействия на ансамбль высотных зданий с помощью многоблочных вычислительных технологий //Журнал основан в январе. – 2014.
40. Баженов В. Г. и др. Численное моделирование задач взаимодействия сооружений с двухслойным грунтовым основанием при сейсмических воздействиях //Пробл. прочн. и пластичн.: Межвуз. сб./Нижегородский ун. – 2005. – Т. 2005. – №. 67. – С. 162-167.
41. Кичаева О. В. Моделирование зданий, эксплуатируемых в сложных инженерно-геологических условиях, при статических и динамических воздействиях //Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2014. – №. 28. – С. 375-385.
42. Сахаров В. А. Взаимодействие конструкций Зимненского монастыря с грунтовым основанием при сейсмических воздействиях //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – №. 6 (7). – С. 18-23.

43. Куприянов В. Н., Альтапов С. Р. Моделирование ветровых воздействий изменением формы здания //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – №. 2 (36).
44. Тамразян А. Г., Аветисян Л. А. Расчет внецентренножатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку //Строительство: наука и образование. – 2013. – №. 4.
45. Банах В. А. Моделирование работы строительных конструкций эксплуатируемых зданий при передаче динамических воздействий через грунтовый массив //Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2011. – №. 39.
46. Puppio M. et al. Effect of material variability and mechanical eccentricity on the seismic vulnerability assessment of reinforced concrete buildings //Buildings. – 2017. – Т. 7. – №. 3. – С. 66.
47. Rodrigues H. et al. Influence of seismic loading on axial load variation in reinforced concrete columns //E-GFOS. – 2018. – Т. 9. – №. 16. – С. 37-49.
48. Согоян Н. Ш. Иллюстрированный словарь архитектурных терминов и понятий. – " Архитектура-С", 2006.
49. Нойферт П., Нефф Л. Проектирование и строительство. – 2005.
50. Маклакова Т. Г. История архитектуры и строительной техники. Ч. 2. Зодчество индустриальной эпохи: учебник //М: Издательство АСВ. – 2003.
51. Малоповерхова споруда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gdevkievezhithorosh.com/wp-content/uploads/2014/03/ZhK-Vlasna-kvartira-na-foto-9.jpg>
52. Средньоповерхова споруда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ee/EU-EE-Tallinn-LAS-Laagna-Arbu13.JPG/300px-EU-EE-Tallinn-LAS-Laagna-Arbu13.JPG>

53. Багатоповерхова споруда [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://akrchel.ru/wp-content/uploads/2018/05/panelnye-doma-serii_51_1.jpg
54. Споруда підвищеної поверховості [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://obyava.ua/img/classified/0/219/4114/22egyvvvde9ydn52.jpg>
55. Висотні споруди [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://gdevkievezhithorosh.com/wp-content/uploads/2013/04/ZhK-Sadovyj-foto-1-1024x724.jpg>
56. Верстов В. В., Гайдо А. Н., Чаков А. С. Обзор типов фундаментов многоэтажных зданий //Молодой ученый. – 2018. – №. 8. – С. 7-10.
57. Атаев С. С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона. – Стройиздат, 1989.
58. ЕНиР Е. 4–3. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций //Мосты и трубы. Сборник Е4. – №. 3.
59. Фундамент монолітна плита [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://glav-dacha.ru/wp-content/uploads/2018/07/fundament-monolitnaya-plita-1.jpg>
60. Афанасьев А. А. и др. Технология строительных процессов. – М. : Высш. шк., 2001.
61. Ербахаев В. О. Методы возведения подземных зданий и сооружений. Поярусный способ //Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – №. 7 (90).
62. Верстов В. В., Гайдо А. Н. Технология устройства свайных фундаментов. – 2010.
63. Буронабивні палі [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://rembudsad.com.ua/images/Buronabivnie_svai_fundament_i_burenie-svoimi_rukami_s_rostverkom-_skvazhini_i_nesushaya_sposobnost-_tablica.jpg

64. Кесони (опускні колодязі) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://howbuilde.ru/assets/bqpicpdc059.jpg>
65. Пальово-плитний фундамент [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://reins.com.ua/images/Svajnoplitnij_fundament_vozvedenie_pliti_na_svayah_2.jpg
66. Рейш А. К., Борисов С. М., Бондаков Б. Ф. Машины для земляных работ: справочное пособие по строительным машинам //М.: Стройиздат. – 1981.
67. Стрічковий фундамент [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://besplatka.ua/aws/22/67/88/81/lentochnyi-fundament-photo-36f6.jpg>
68. Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий //Санкт-Петербург: Москва: Краснодар: Лань. – 2014.
69. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК А

Ф. № 3.3

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ Губенка Євгена Анатолійовича (прізвище, ім'я, по батькові)

№ з/п	Найменування праць	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Прізвища співавторів праць
1	2	3	4	5
1	Технічна діагностика споруд, новітні технології цивільного будівництва	Вісник Інженерної академії України. Київ, 2019. №1. С. 149-153.	4	Цибульник С.О.

Автор

(підпис)

Губенко Євген Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Зав. каф. ПСОН

(підпис)

Н.І. Бурау

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



ВІСНИК
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ
ВИПУСК 1

BULLETIN OF ENGINEERING
ACADEMY OF UKRAINE
Issue 1

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE

БУДІВНИЦТВО ТА БУДІНДУСТРІЯ

УДК 004.94: 69.001.5

Цибульник С.О., к.т.н.
Губенко Є.А.ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА СПОРУД. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЦИВІЛЬНОГО
БУДІВНИЦТВАНаціональний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»
e-mail: tsybulnik.s.a@gmail.com

На поточному етапі розвитку людства спостерігається збільшення кількості населення, а також поступово зароджується проблема вичерпання природних ресурсів. Тому перед вченими та інженерами стоїть завдання розробки нових матеріалів та технологій в цивільному та промисловому будівництві, які повинні забезпечити швидкий, економічний та екологічний процес будівництва. Проблема економічності полягає не лише в зменшенні матеріальних витрат при зведенні будинку, а й у його економічній експлуатації, тобто енергетичній ефективності. У статті проведено огляд новітніх технологій у сфері цивільного будівництва. Показано сучасний стан розвитку методів та засобів, які використовуються в процесі будівництва.

Ключові слова: цивільне будівництво, сучасні технології, імітаційне моделювання.

Вступ

У наш час оцінку надійності будівель і споруд виконують за поглибленими розрахунками статичної міцності будівельних конструкцій або доповнюють розрахунками на втому і міцність з урахуванням відповідних імовірнісних уявлень.

На стадії проектування одним з основних завдань є визначення запасів міцності і початкового ресурсу безпечної експлуатації. При цьому в розрахунках міцності проектувальники використовують вихідні дані навантажень і впливів на конструкції. Розрахунки в загальному випадку виконують із застосуванням персональних комп'ютерів для визначення реакцій на експлуатаційні впливи. У розрахунках, як правило [1], використовують дані про матеріали, які передбачають для застосування в якості несучих і огорожувальних конструкцій. Такі дані містяться в нормах, довідниках, прайс-листах підприємств-виробників, мережі Internet, тощо. При введенні споруд в експлуатацію все більшого значення набуває контроль їх стану з визначенням пошкоджень і залишкового ресурсу. Для цієї мети розробляють і створюють інформаційно-вимірні комплекси з засобами для реєстрації дефектів і пошкоджень.

Кожний дефект або пошкодження у будівельних конструкціях є відхиленням від технічних вимог і може викликати порушення нормальної роботи споруди. Один дефект може викликати появу інших порушень. Вчасно проведена діагностика дає можливість запобігти розвитку дефектів та пошкоджень на ранній стадії та обмежитися при цьому виконанням незначних робіт для їх усунення.

Дефекти та пошкодження в конструкціях будівель можна поділити на зовнішні (поверхневі) і внутрішні (глибинні), невидимі при візуальному огляді; на такі, що легко або важко усуваються; а також такі, які не розвиваються та розвиваються у часі від спільної дії навантаження й зовнішнього середовища [2].

У практиці будівництва зустрічаються різноманітні види дефектів. Так, у конструкціях із монолітного залізобетону часто [2] можна зустріти прошарки сміття, ґрунту, льоду, снігу, особливо в місцях стику стін і колон із фундаментами, в ростверках; пустоти, утворені в результаті зависання бетону при великому насиченні конструкції арматурою, а також під закладними деталями й гільзами для труб; грубі та пористі шви, що утворюються при перервах у бетонуванні і недостатньому очищенні та обробці поверхні; наявність бетону, який заморожувався на ранніх етапах виготовлення або який не проходив необхідну теплову обробку; розшарування і неоднорідну структуру бетону, викликану дією напірних вод на свіжовкладену бетонну масу або обезводнення її при пересушенні.

Зовнішні дефекти та пошкодження (в основному) належать до числа таких, що легко піддаються виправленню, у той же час, глибинні (внутрішні) можуть викликати необхідність виконання спеціальних робіт для їх усунення.

Кожен дефект або пошкодження характеризуються причинами, що їх викликали, розмірами, обсягом пошкоджень та прогнозом можливого розвитку [2].

Пошкодження, пов'язані зі втратою міцності і несучої здатності конструкцій, можуть супроводжуватися перекосами, зсувами, осіданнями та зміщенням окремих конструкцій.

Не можна допускати, щоб ослаблені конструкції (з дефектами або пошкодженнями) переходили в аварійний або непридатний для нормальної експлуатації стан. Захист і посилення таких конструкцій повинні виконуватись до настання їх критичного стану [2].

Постановка задачі

Так як забезпечення міцності і надійності конструкцій, будівель і споруд є однією з найбільш важливих умов підвищення ефективності їх використання та зниження матеріаломісткості, то вказане вимагає розробки нових методів розрахунку міцності, довговічності і експлуатаційних властивостей матеріалів, у тому числі їх поведінки в умовах впливу високих температур та динамічних навантажень [1], а також розробки нових технологій будівництва і методів проектування, підвищення якості експлуатаційних матеріалів, тощо.

Тому метою даної роботи є огляд сучасного стану технологій у сфері цивільного будівництва для визначення проблемних областей для подальшого дослідження.

Огляд новітніх технологій

На сьогоднішній час інтенсивна забудова сприяє стрімкому розвитку будівельних технологій та методів зведення будівель.

Як зазначають фахівці [3], в наш час надзвичайно перспективною технологією швидкого спорудження енергоефективних будівель є технологія «Термодім», яка базується на використанні блоків незмінної опалубки з пенополістиролу (термоблоків). Ця технологія є подібною до методу монолітного будівництва, де також на місці будівництва бетонотемісна суміш заливається в спеціальну форму (опалубку), яка надає потрібної форми монолітним бетонним чи залізобетонним конструкціям. Але, в технології «Термодім» опалубку не знімають, вона залишається частиною стіни і виконує функції тепло-, звуко-, гідроізоляції тощо.

Основною перевагою застосування такої опалубки є те, що збудована стіна представляє собою багатопшарову захисну конструкцію з необхідним опором теплопередачі, яка будується за один технологічний цикл. Тобто стіна забезпечує зниження витрат на обігрівання й охолодження будинку в процесі його експлуатації, що в умовах подорожчання теплоносіїв стає одним із найважливіших чинників, які впливають на вибір забудовником тієї чи іншої технології будівництва.

Завдяки технології «Термодім» можна суттєво скоротити терміни будівництва за рахунок того, що при її застосуванні прокладання електропроводки, вентиляційних каналів і каналізаційних труб може виконуватися одночасно з укладанням термоблоків (до заповнення їх бетоном), які. Прокладені таким чином мережі є надійно захищені за допомогою монолітного бетону і за рахунок цього можуть мати подовжений термін їхньої безаварійної експлуатації. Витрати на будівництво при цьому скорочуються на 20-35% [4], порівняно із спорудженням будинку з цегли.

Незважаючи на те, що пінополістирольні блоки великі за розміром, їх маса дуже мала. Тому, процес будівництва стін дуже простий навіть для будівельників початківців. Важливою перевагою таких блоків є можливість зведення різних за конфігурацією стін.

Каркасну технологію зведення [4] використовують для будівництва не лише індивідуальних житлових будинків. Основою будинку є міцний каркас з оцинкованого металу, який попередньо виготовляють на заводі. Такий каркас не деформується від перепаду температур і атмосферних явищ. Паралельно виготовленню каркасу йде підготовка фундаменту для будинку.

Готовий каркас на місці будівництва монтується від одного до декількох днів. Наступним кроком є обшивка готовими модулями – покрівельними панелями, стіновими, перекриттями, тощо. Як наповнювач каркасу найчастіше використовують мінераловатний утеплювач.

Перевагами такої технології є [4] висока якість і надійність, а також довгий термін експлуатації будинків, низька кількість втрат тепла, економічність, а також комфортне і безпечне побутове середовище.

Технологія зведення «ЕкоКуб» заснована на застосуванні солом'яної маси, як основного інгредієнта для виробництва блоків, що мають форму правильного прямокутника. За рахунок впливу преса сировина ущільнюється, завдяки чому жорсткість блока зростає в декілька разів. Потім кожен блок окремо проходить додаткову обробку, в ході якої вони оснащуються своєрідним каркасом, в якому розташовується кілька отворів, пророблених завчасно.

Процес будівництва не відрізняється особливою складністю або трудомісткістю, розробники технології стверджують [5], що з усіма операціями досить легко може впоратися будь-яка людина, навіть якщо у нього немає в наявності спеціалізованого обладнання.

Розробники проекту TERMES [6] з Гарварду «підглядили» ідею у термітів. Проект TERMES застосовує ту ж ідею ройового будівництва, але використовує маленьких роботів. Ці прості недорогі дрони будують структури, дотримуючись початкового дизайну і викладаючи блоки у перше ж доступне місце, поки структура не буде завершена. Рій зовсім не вимагає втручання людини після першої постановки завдання.

Ройові структури ідеально підходять для будівництва у важкодоступних і небезпечних місцях. Наприклад, на атомних станціях, глибоко під водою, землею, високо в горах і в космосі. Вони можуть зберегти людини здоров'я і вберегти її від нещасних випадків.

Разом з розробкою технологій, науковці розробляють безліч ефективних матеріалів для будівництва.

Глина, деревна стружка і вода з'єднуються воедино і обпікаються при дуже високих температурах в тунельних печах. Так з'являються натуральні керамічні блоки. Зведений з таких блоків будинок буде зберігати тепло і одночасно вентилуватися. На відміну від різних теплоізоляційних матеріалів [7], ТеплоКерам – виключно натуральний утеплювач. На ньому не з'являється цвіль, грибок і конденсат. Він на 100% стійкий до спалаху, має низьке водопоглинання і хорошу паропроникність.

Переваги керамічних блоків – це довговічність, екологічність, енергоефективність, міцність, вогнетривкість, морозостійкість, високі звукоізоляційні властивості, здатність стабілізувати вологість у приміщенні, невелика вага і зручні розміри.

Учені з Університету Західної Англії в Брістолі розробляють розумні цеглини [8], які будуть використовуватися як мікроорганізми, щоб переробляти стічні води, виробляти електроенергію і виділяти кисень.

Мікробні паливні елементи, які будуть вбудовані в цеглу, щоб дати їм їх «розумні» функції, у процесі досліджень показали свою ефективність. Наприклад, вони можуть бути використані для отримання електрики з багатьох видів відходів або просто з пилу і сміття.

Залежно від того, як вони «запрограмовані» такі стіни зможуть переробляти забруднену воду, вуглекислий газ, сонячне світло, водорості, бактерії і поживні речовини, і, в свою чергу, виробляти чисту воду, кисень, світло, тепло, тощо [8].

З розвитком побутової електронної техніки та інших внутрішньобудинкових технологій виникає потреба розвитку альтернативних джерел енергії.

Команда дослідників з Університету Альберти створила сонячні елементи у вигляді спрею з наночастинками цинку і фосфору. Ці сонячні батареї настільки малі і гнучкі, що ними можна буде малювати на поверхні.

Якщо кожен домовласник розпише свій дах такою сонячною фарбою, то зможе виробляти більше ніж достатньо енергії для дому, зменшивши таким чином залежність від викопного палива. Крім того, сонячна фарба дешевша у виробництві, ніж традиційні сонячні батареї. Сонячні батареї, які використовуються у цій фарбі, поки не дуже ефективні, але науковці продовжують працювати над цією проблемою [6].

Різні науковці пропонують новітні рішення у сфері надійності будівельних конструкцій за допомогою моделювання. Ці рішення зв'язані з будівництвом не тільки як із процесом, а ще і як з об'єктом, який експлуатують, з наявними йому системами життєзабезпечення.

Землетруси показали, що будівлі з залізобетонними конструкціями та нерегулярним гравітаційним навантаженням були дуже уразливі для сильного землетрусу. Багато з них впали і привели до загибелі людей, а також втрати великої кількості матеріалів. Отже, щоб запобігти майбутнім лихам, цей тип будівель повинен бути посилений проти землетрусу. Chandra J., Warnitchai P. у своїй статті [9] навели приклад інноваційного підходу до сейсмічного посилення типового шестиповерхового житлового будинку з м'яким слабким першим поверхом з використанням фіксованих скоб. Сейсмічні характеристики вихідної будівлі і модифікованої будівлі порівнюються з використанням тривимірної нелінійної динамічної аналізи історії часу в OpenSees. Результати аналізу показують, що запропонований інноваційний підхід до сейсмічного посилення для нерегулярних каркасних будинків з використанням фіксованих скоб може значно зменшити максимальні зноси, а також пошкодження будівель, що сприяє зниженню ризику обвалення будівлі під час землетрусу.

При розподілі ресурсів та техніко-економічної оцінки ефективності інноваційно-інвестиційних проектів будівництва споруд за неповної вихідної інформації теж використовуються імітаційні моделі, про що писала Федотова С.Ю. У роботі [10] наведені результати дослідження розподілу ресурсів та техніко-економічної оцінки ефективності інноваційно-інвестиційних проектів будівництва споруд за неповної вихідної інформації за допомогою методів імітаційного моделювання. По результатам роботи видно, що за допомогою моделювання забезпечується високий рівень достовірності проектних рішень.

В.Б. Задоров та О.О. Васильєв [11] представили математичні моделі об'єктів і процесів будівництва в середовищі мови імітаційного моделювання «AIMO». Було розглянуто систему математичних моделей опису та імітаційного моделювання об'єктів і процесів технології будівництва із застосуванням мови «AIMO». Наведено опис процесу імітаційного моделювання, основної функції

імітаційного моделювання: аналізу і комплексної оцінки проектних рішень на всіх етапах системи підготовки і управління будівництвом, математичне представлення задачі динамічного програмування організаційно-технологічних процесів, опис системи обліку ризиків при виконанні моделювання цільових процесів будівництва.

У статті А.А. Басалаєва [12] розглядається підхід до побудови розподіленої імітаційної моделі централізованої системи теплопостачання будівель з використанням EOM в середовищі імітаційного моделювання VisSim. Представлений підхід заснований на поділі моделі на взаємопов'язані підсистеми, моделювання яких може проводитися на вузлах обчислювальної мережі одночасно. Автор розповів про переваги і недоліки запропонованих способів синхронізації, надав результати моделювання систем теплопостачання з різною кількістю споживачів. Результати підтверджують, що швидкість розрахунку моделі з великою кількістю елементарних обчислювальних блоків і нелінійних рівнянь збільшується при поділі її на взаємопов'язані підсистеми.

Д.П. Каменський та Н.А. Гаряев [13] у своїй роботі про застосування імітаційного моделювання у системах життєзабезпечення будівель розповіли про те, як можна керувати і аналізувати системи за допомогою імітаційного моделювання. Висновком їх роботи було те, що якщо аналізувати системи життєзабезпечення будівель за допомогою імітаційного моделювання, можливо підвищити ефективність оперативного керування, а при стратегічному плануванні економія може досягати десятків відсотків від вартості проекту.

У іншій своїй роботі про імітаційне моделювання та систему підтримки прийняття рішень розповіли Д.П. Каменський та Н.А. Гаряев - як застосовується імітаційне моделювання у системах пожежної безпеки [14]. Були проведені експерименти на основі імітаційної моделі, які показують, що можна передбачити поведінку людей і закласти цю реакцію, щоб потім можна було її перерахувати.

Про імітаційне моделювання будівлі з індивідуальним тепловим пунктом у своїй роботі [15] розповіли Е.В. Сафонов, К.О. Разнополов, Ю.Л. Бондарев. Вони розробили термодинамічну модель окремої будівлі, підключеної до мережі центрального теплопостачання. Модель реалізована у вигляді набору фізично обумовлених підсистем (імітаційних блоків). Модель була створена для тестування і оцінки нових методів управління сучасними системами центрального теплопостачання. Ця модель успішно може бути застосована при моделюванні і прогнозуванні енергетичних потреб будівель.

Як бачимо, у світі багато рішень щодо надійності будівельних конструкцій. Ці досягнення не межа, з роками з'являється все більше і більше шляхів вирішення проблем (наприклад, імітаційне моделювання), які не обмежуються тільки будівельною сферою. Серед недостатньо досліджених питань варто зазначити реакцію будівель різного конструктивного виконання на сейсмічні навантаження.

Висновки

У даній роботі розглянуто сучасний стан сфери цивільного будівництва. Показано, що окрім технологій будівництва, які використовуються протягом останніх тридцяти років, у наш час ведеться розробка та впровадження нових підходів до проектування та зведення будівель. Серед нових технологій перспективними можуть бути «Термодім», «ЕкоКуб» і, особливо, TERMES.

Разом з розробкою технологій, науковці розробляють безліч ефективних матеріалів для будівництва, наприклад, ТеплоКерам.

Також практично у всіх сферах цивільного будівництва використовується імітаційне моделювання, яке дозволяє значно підвищити якість проектування та експлуатації будівельних об'єктів різного функціонального призначення.

Перелік посилань

1. Хаткова Л.В., Дагиль В.Г. Проблемы надежности зданий и сооружений при воздействии нагрузок и высоких температур / Л.В. Хаткова, В.Г. Дагиль // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2016. – №4. – С. 41-43.
2. Физдель И.А. Дефекты в конструкциях и сооружениях и методы их устранения / И.А. Физдель. – Стройиздат, 1978.
3. Воськало В.І. Використання новітніх технологій у житловому будівництві та стратегіях його розвитку / В.І. Воськало // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – №6. – С. 232-236.