

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК
(підпис)

“ _____ ” _____ 2022 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою **«Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»**

зі спеціальності **151 Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології**

на тему: **Автоматизація проектування будівельних об'єктів з використанням технологій інформаційного моделювання.**

Виконала: студентка 2 курсу, групи ПМ-11мп
(шифр групи)

Ярошевська Ольга Сергіївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник кандидат технічних наук, Сергій НЕЧАЙ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Власне ім'я ,ПРИЗВЕЩЕ) (підпис)

Консультант з «Розробки стартап-проектів» завідувач кафедри економічної кібернетики, д.е.н., проф. Бояринова Катерина Олександрівна _____
(посада, вчене звання , Власне ім'я ,ПРИЗВЕЩЕ) (підпис)

Рецензент к.т.н., доц. Самарцев Юрій Миколайович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Власне ім'я ,ПРИЗВЕЩЕ) (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій КИРИЧУК**

« ____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Ярошевській Ользі Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації **Автоматизація проектування будівельних об'єктів з використанням технологій інформаційного моделювання.** _____

науковий керівник дисертації **Нечай С.О., к.т.н.** _____,

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

затверджені наказом по університету від №4110-с від 09.11.22

2. Строк подання студентом дисертації _____ 14 грудня 2022 _____

3. Перелік завдань, які потрібно розробити 1)Огляд інформації по темі дисертації. 2) Огляд умов використання системи. 3) Огляд програм, які використовуються для роботи інформаційної системи. 4)Вибір основних датчики до складу системи. 5) Розробка автоматизованої системи запису даних. 6) Розробка стартап проекту

4. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 1) Пружній елемент тензодатчика (А3). 2) Вимірювальний штифт (А3). 3) Кожух (А3). 4) Блок (А3). 5) Кінцева заглушка (А3). 6) Кришка (А3). 7) Програми для інформаційного моделювання (А1). 8) Розташування датчиків (А1). 9) Блок-схема (А1). 10) Принципова схема інклінометра (А1). 11) Алгоритм роботи системи (А1). 12) Алгоритм роботи при аварійних значеннях (А1). 13) Інтерфейс розробленої програми (А1). _____

5. Орієнтовний перелік публікацій

Стаття та доповідь на конференції «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні 2022»

6. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка СТАРТАП-проекту	завідувач кафедри економічної кібернетики, д.е.н., проф. Бояринова Катерина Олександрівна		

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2022

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Одержати у керівника магістерської дисертації (МД) затвердженого завідувачем кафедри завдання на МД	01.09.2022	
2	Виконання пояснювальної записки МД	24.11.2022	
3	Виконання розділу стартап-проекту МД, передача на перевірку та одержання підпису консультанта	08.12.2022	
4	Виконання графічних матеріалів МД	15.12.2022	
5	Подання керівнику для перевірки: МД та тексту його остаточного варіанту в електронному вигляді, одержання відгука на МД	16.12.2022	
6	Одержання рецензії на МД	17.12.2022	
7	Подання МД на кафедру, одержання грифу «До захисту допущено» у завідувача кафедри	18.12.2022	
8	Подання МД, відгука та рецензії в екзаменаційну комісію університету	19.12.2022	
9	Захист магістерської дисертації в екзаменаційній комісії університету	21.12.2022	
10	Подання повної електронної версії МД на кафедру для розміщенню в ELAKPI	22.12.2022	

Студент

_____ (підпис)

Ольга ЯРОШЕВСЬКА

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Сергій НЕЧАЙ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника

Анотація

Магістерська дисертація складається з таких розділів, як переліку скорочень, вступу, трьох розділів, висновку, переліку посилань та додатків. Робота містить 97 сторінок, 51 рисунок, 5 таблиць, 1 діаграму, 32 формули та 17 джерел.

Метою дисертації є розробка автоматизованої системи для запису інформації з датчиків до інформаційної моделі.

Актуальність даної роботи полягає у попиті автоматизації та структуруванні даних у програмі.

Об'єктом є програми з використанням інформаційної моделі.

Предмет – автоматизація записування інформації до моделі.

В оглядових матеріалах було розглянуто вже існуючі програми для інформаційного моделювання, а також етапи створення інформаційної моделі. Також ознайомлення з будівництвом котлована і різновидами ґрунтів для більшого розуміння теми.

У проектно-конструкторському розділі розглянуто роботу датчиків, їх характеристики, розраховано параметри зчитуваної інформації та порівняння з вихідними сигналами з цих датчиків. Побудовано графіки на основі цих розрахунків. Також прийняті аварійні значення складових котловану та побудований алгоритм дій при досягненні цих значень. Запропоновано структурну схему автоматизованої системи, а також ескіз інтерфейсу.

В розділі розробки стартап-проекту було проведено аналіз ринку та конкурентів. Розрахована вартість, підібрана команда та розроблений календарний план-графік реалізації проекту.

Ключові слова: інформаційна модель, ВІМ, тензодатчик навантаження, інклінометр, вимірювальний штифт, аварійне значення, інтерфейс.

Annotation

The master's thesis consists of such sections as a list of abbreviations, an introduction, three sections, a conclusion, a list of references and appendices. The work contains 97 pages, 51 figures, 5 tables, 1 diagram, 32 formulas and 17 sources.

The aim of the thesis is to develop an automated system for recording information from sensors to an information model.

The relevance of this work lies in the demand for automation and data structuring in the program.

The object is programs using the information model.

The subject is the automation of recording information to the model.

In the review materials, already existing programs for information modeling were considered, as well as the stages of creating an information model. Also familiarization with the construction of the pit and types of soils for a better understanding of the topic.

In the design and construction section, the operation of the sensors, their characteristics, the parameters of the read information are calculated and compared with the output signals from these sensors. Graphs were built based on these calculations. The emergency values of the components of the pit were also accepted and an algorithm of actions when these values were reached was built. A structural diagram of the automated system is offered, as well as a sketch of the interface.

In the development section of the startup project, an analysis of the market and competitors was carried out. The cost was calculated, the team was selected and the calendar plan-schedule of the project implementation was developed.

Keywords: information model, BIM, load strain gauge, inclinometer, measuring pin, emergency value, interface.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП	5
1. ОГЛЯД ДОВІДКОВИХ МАТЕРІАЛІВ	6
1.1. Інформаційне моделювання	6
1.2. Програми для інформаційного моделювання	9
1.3. Об'єкти роботи інформаційної моделі	17
2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	22
2.1. Розпірки в котловані	22
2.2. Характеристики основних датчиків при проектуванні котлована	30
2.2.1. Тензодатчик навантаження	37
2.2.2. Інклінометр	46
2.2.3. Вимірювальний штифт	52
2.3. Надзвичайні заходи щодо руйнування котловану	60
2.4. Автоматизована система записування даних	65
3. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ»	70
3.1. Опис ідеї проекту	70
3.2. Технологічний аудит ідеї проекту	72

					МД ПМ-7119.000.000 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ярошевська О.С</i>			Автоматизація проектування будівельних об'єктів з використанням технологій інформаційного моделювання	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>						3	53	
<i>Реценз.</i>						ПБФ, ПМ-11мп		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Нечай С.О.</i>						

3.3.	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	73
3.4.	Розроблення ринкової стратегії проекту.....	81
3.5.	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	84
3.6.	Організація реалізації стартап-проекту.....	87
3.7.	Висновки до розділу	93
ВИСНОВОК.....		95
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		96

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Ярошевська О.С</i>				Автоматизація проектування будівельних об'єктів з використанням технологій інформаційного моделювання	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							3	53
<i>Реценз.</i>						ПБФ, ПМ-11мп		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Нечай С.О.</i>							

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

BIM (англ. Building Information Model або Modeling) — інформаційна модель (або моделювання) будівель, споруд, об'єктів інфраструктури.

ПЗ – програмне забезпечення.

БЕР (BIM Execution Plan – Виконавчий план BIM-проекту) – документ, в якому описується план реалізації BIM-проекту.

EIR (Employer Information Requirement - Інформаційні Вимоги Замовника) – документ, в якому описуються вимоги замовника до вас (проектної компанії) щодо створення BIM-моделі проекту.

IFC (Industry Foundation Classes) – відкритий стандарт для формату представлення даних BIM.

САПР – Система автоматизованого проектування (англ. Computer-aided design (CAD)) – автоматизована система, що реалізує інформаційну технологію виконання функцій проектування.

v – швидкість зниження (см/с).

dk – щільність зерен.

dw – щільність води (г/см³).

r – радіус зерна (см).

g – прискорення сили тяжіння (см/с).

η – в'язкість (г/(см*с)).

dF – суха маса: об'єм речовини.

γ – вага одиниці ґрунту, питома вага.

H – висота різання.

K_a – активний тиск землі Ренкіна.

c – недреноване зчеплення ґрунту.

L – відстань між стійками у плані

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

З приходом нових технологій інженери, архітектори та інші фахівці у будівельній сфері змогли більш ефективно працювати над одним проектом. Датчики зчитують потрібну інформацію про температуру, навантаження, масу та інші параметри, тоді як на комп'ютері у різних програмах можна зробити відповідні розрахунки та побудувати графіки.

Світ на стільки прогресував, що тепер не покидаючи свого робочого місця, стало можливо робити різні дослідження на математичній моделі будівельних об'єктів у таких програмах, як SolidWorks або ANSYS. А у програмах Autodesk Revit або BIMcollab стало можливо створювати інформаційну модель будівлі, що набагато полегшало співпрацю учасників проекту. Сенс таких програм полягає у тому, що кожен член команди працює на різних платформах, що більш адаптовані для тієї, чи іншої задачі. Проте, кожна частина роботи одного проекту зберігається у різних форматах, тому було вирішено конвертувати всі файли у pdf. З одного боку, їх стало можливо відкривати і читати на будь-якому ПК без спеціальної програми, з іншого – зберігалась лише картинка цього проекту. А у програмах для інформаційного моделювання можна не тільки бачити роботу кожного учасника, а і об'єднувати всі складові проекту, а також, що найголовніше, мати доступ до інформації (розрахунків, параметрів, графіків, нотацій і т.д.). Це все через те, що всі файли зберігаються у форматі VCF, який максимально залишає інформацію і якість моделі.

Поспілкувавшись з фахівцями в інженерній компанії, я дізналась про головну потребу в програмах для інформаційного моделювання – автоматизація запису зчитуваних параметрів з датчиків та створення таблиць і графіків у Excel. Тому, у цій роботі будуть розглянуті ті матеріали про ґрунти, котловани та роботу датчиків, які потрібні для того, щоб зрозуміти, як саме автоматизувати створення інформаційної моделі (надалі BIM).

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОГЛЯД ДОВІДКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Інформаційне моделювання

Інформаційне моделювання будівель — це цілісний процес створення та керування інформацією для будівельного об'єкта. Базуючись на інтелектуальній моделі, яка підтримується хмарною платформою, BIM інтегрує структуровані мультидисциплінарні дані для створення цифрового представлення об'єкта протягом усього його життєвого циклу – від планування до проектування, до будівництва та експлуатації.

За допомогою інформаційної моделі кожна дисципліна в рамках проекту створює власну 3D-модель свого розділу проекту та зберігає контроль і відповідальність за цю модель. Кожна з цих субмоделей об'єднується в центральну координаційну модель, яка містить всю інформацію всередині кожної субмоделі. Ця інформація надає значення об'єктам (наприклад, паралелепіпедна форма є стіною) і описує об'єкти за допомогою таких властивостей, як матеріал, електропровідність або вага. Крім того, об'єкти можуть бути пов'язані з інформацією за межами моделі, такою як специфікація продукту або детальне креслення. Прозорість і комунікація покращуються завдяки використанню центральної моделі координації як основи для призначення завдань командам, співпраці та керування процесом проектування, будівництва й експлуатації будівлі.

Як правило, конструювання проектів є фрагментованим процесом, коли креслення, документи, графіки, звіти та специфікації розміщуються різними сторонами та в різних форматах. Обмін інформацією між різними дисциплінами та залученими компаніями складний і часто призводить до втрати або відновлення даних. Інформаційне моделювання допомагає подолати це, гарантуючи, що кожен, хто працює над проектом, може отримати доступ до найновішої та актуальної інформації для прийняття більш обґрунтованих рішень.

Завдяки такому відкритому та спільному підходу колізії, помилки та невідповідності можна виявити на ранній стадії та виправити на етапі

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проектування. В результаті значно економляться час і кошти на етапі будівництва. Моделювання також можна проводити на ранній стадії за допомогою центральної моделі, наприклад, для визначення споживання енергії або витрат на технічне обслуговування, щоб можна було оптимізувати роботу будівлі. [1]

Етапи моделювання

Об'ємне моделювання будівлі формується з окремих елементів інформації та включає:

1. Конструктивні елементи будівлі, такі як колони, стіни, фундаменти, сходи, дахи і т.д. Вони створюються з конструктивних елементів, які містяться в базі даних BIM-проекту або формуються архітектором у процесі проектування.

2. Елементи будівлі – це вікна, двері, обладнання, меблі тощо – створюються на основі стандартної бази даних, яка міститься у всесвітній бібліотеці у форматі IFC, та знаходяться у відкритому доступі. Також проектувальник може розробити свій власний елемент та включити його за бажання до загальнодоступної бази.

Подібний підхід дозволяє легко сформувати будівлю (або інший будівельний об'єкт) з окремих елементів стін, вибраних з “бібліотеки”.

За фактом, проектуючи фрагмент інформаційної моделі будівлі, ви автоматично отримуєте план підвалу та першого поверху у 2D та у 3D-форматах. Також ви можете відразу побачити, як виглядатиме фасад даної частини будівлі та переглянути її в розрізі. Вам не потрібно буде щоразу піднімати всі креслення проекту в AutoCAD програмі, щоб побачити, що містить даний фрагмент будівлі, тому що кожен елемент, "цеглинка" будівлі вже з максимально повною інформацією, завдяки чому специфікація об'єкта відбувається миттєво та автоматично. [2]

Переваги інформаційного моделювання:

- 1) Містить інформацію в об'єктах моделі, що здатна автоматично створювати креслення, виконувати аналіз проекту і т. д., надаючи необмежені можливості для найкращого рішення з урахуванням всіх наявних даних.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

- 2) Підтримує спільні групи, тому різні фахівці можуть разом використовувати цю інформацію протягом усіх етапів будівництва, що виключає помилки, втрату інформації під час передачі.
- 3) Зниження витрат та проектних помилок (колізії).
- 4) Зниження часу, затрачуваного на розробку проекту, оскільки з'являється можливість реалізовувати деякі операції разом.
- 5) Здійснюється більш швидкий та простий процес підбору необхідного обладнання.
- 6) Точна специфікація та відомість за рахунок автоматизації.
- 7) Основні економічні та екологічні характеристики будівлі визначаються вже на стадії ескізного проекту, що дозволяє заздалегідь внести зміни до проекту, якщо потрібно.
- 8) Існує можливість прогнозування кошторису.
- 9) Здійснюється оптимізація процесу будівництва, управління, контролю за графіком виконання робіт, за витратою матеріалів та коштів.

Недоліки інформаційного моделювання:

- 1) Досить висока вартість (\$6000-12000).
- 2) Висока вартість навчання комплексу програм.
- 3) Певна міра складності в освоєнні.
- 4) Виникає необхідність змінювати організацію процесу проектування загалом.
- 5) Необхідно змінювати як процес і ПЗ, а й психологію проектувальників зокрема.
- 6) Спрямованість на архітектурні проблеми. BIM хороший для вирішення проблем формоутворення, використання простору та представлення проекту, але для проведення розрахунку необхідне використання інших програм.
- 7) Прив'язка процесу до єдиного постачальника ПЗ.
- 8) Втрата існуючих робочих практик під час переходу на BIM. [3]

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

Програми для інформаційного моделювання

Програми для інформаційного моделювання оцифровують проект у комплексі та дають можливість управління та контролю об'єкта всіма учасниками процесу проектування та будівництва у більш наочній та точній формі. Але важливим є не тільки крутий функціонал програми, а й можливість інтеграції з різними програмами та доступний інтерфейс, зрозумілий групі учасників. Тому розглянемо 10 кращих програм для інформаційного моделювання.

1. Autodesk Revit

Revit — це визнане програмне забезпечення для проектування BIM, яке дозволяє користувачам створювати, редагувати та переглядати моделі будівель у тривимірному середовищі (рис. 1.2.1).

Використання Revit для створення 3D-моделей BIM значно зменшує непорозуміння та допомагає створювати кращі візуалізації та будівельну документацію. Autodesk Revit координує зміни, внесені різними членами команди, і відстежує зміни, внесені в модель BIM. [4]

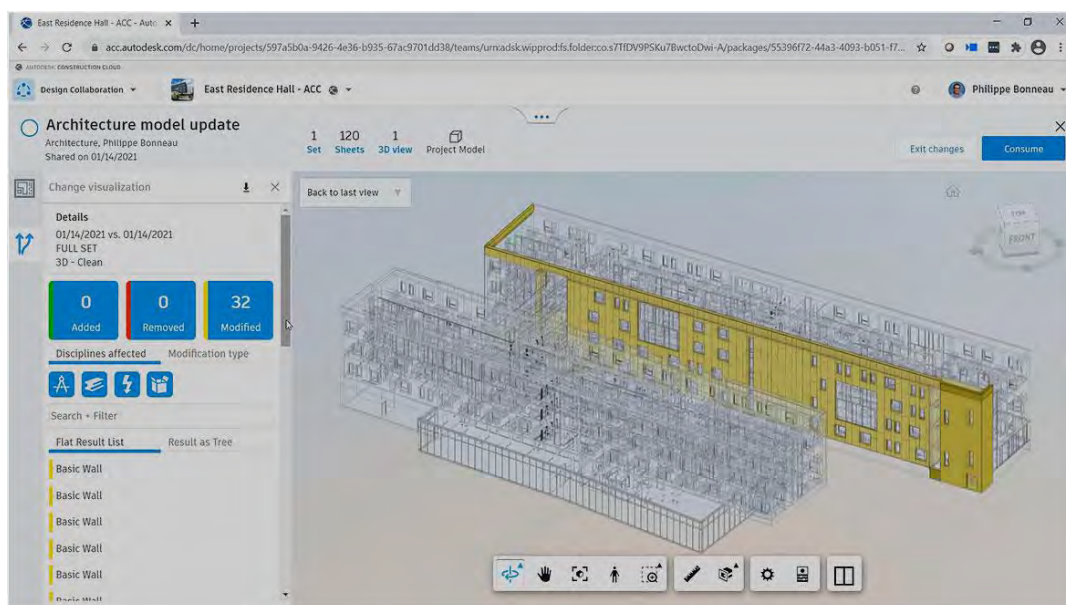


Рисунок 1.2.1 – Інтерфейс програми

2. Plannerly

Plannerly — це програмне забезпечення для керування BIM, яке містить шаблони ВЕР, EIR, AIR.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Plannerly має модулі Plan, Scope і Verify у простій веб-програмі BIM (рис. 2.1.2). Ці модулі дозволяють легко визначити всі ваші вимоги до інформаційного моделювання будівель за допомогою чітких завдань. Потім ці завдання можна відстежувати та перевіряти – все в інтегрованому робочому процесі.

Ще одна чудова перевага Plannerly полягає в тому, що він інтегрується з іншими програмами BIM, такими як Autodesk Revit, BIM 360/ACC і файли IFC, тому ви можете легко передавати дані між багатьма платформами. [4]

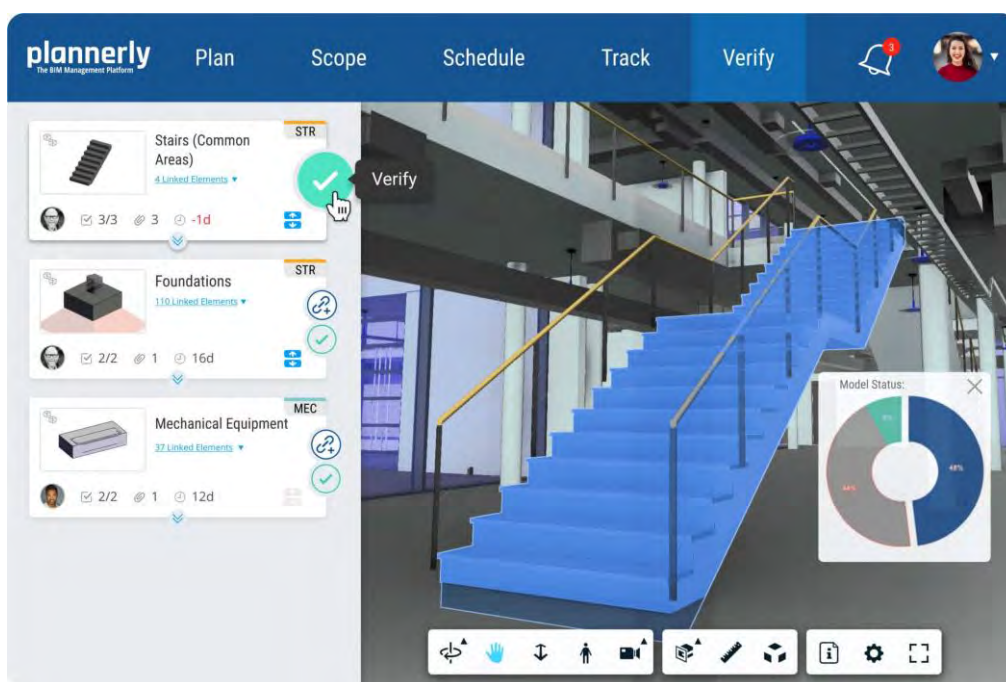


Рисунок 2.1.2 – Приклад програми Plannerly

3. Trimble Connect

Trimble Connect — це хмарна платформа, яка забезпечує центральне розташування для керування, перегляду та обміну даними про будівництво. Серед його основних функцій – координація проектування та управління проектами.

Trimble Connect забезпечує захищене центральне сховище для проектних даних, що полегшує для проектних груп доступ і оновлення інформації з будь-якого місця. Trimble Connect також має надійні інструменти для співпраці, що спрощує членів команди залишатися на зв'язку та ефективно працювати разом.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

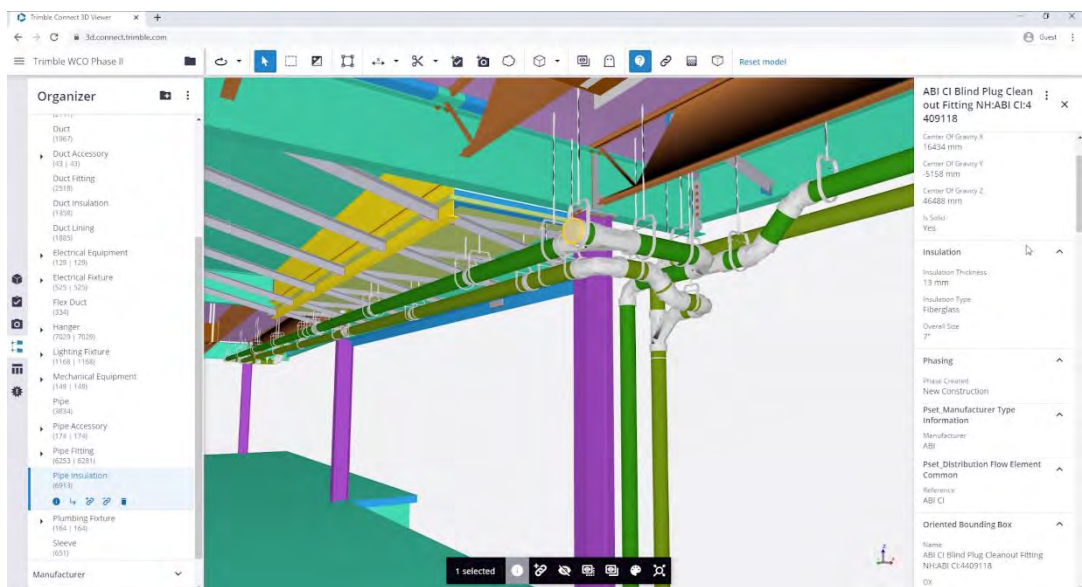


Рисунок 2.1.3 – Інтерфейс програми Trimble Connect

4. Revizto

Revizto — це хмарне рішення BIM, яке допомагає професіоналам у сфері архітектури, інженерії та будівництва покращити комунікацію та координацію проектів (рис. 2.1.4).

Програмні рішення Revizto можна використовувати на всіх етапах проектування та будівництва, а їх головними функціями є чудове керування конфліктами та робочі процеси моніторингу проблем. Платформа дозволяє користувачам створювати комбіновані цифрові моделі своїх проектів для виявлення конфліктів, координації, керування змінами тощо. [4]

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

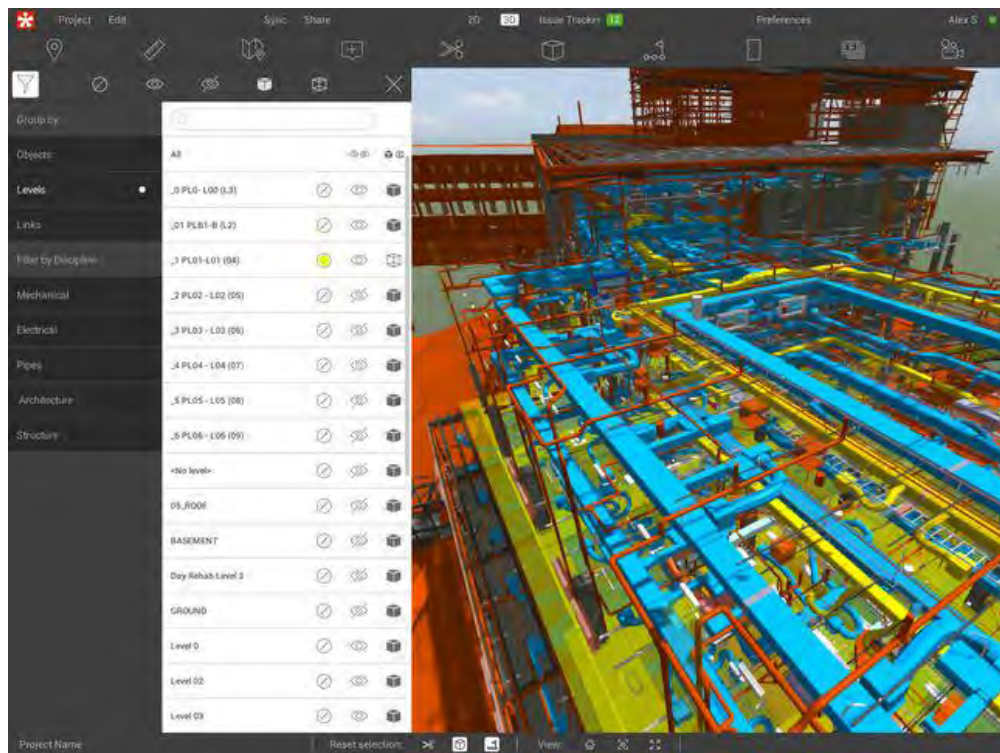


Рисунок 2.1.4 – Приклад інтерфейсу

5. *BIMcollab*

BIMcollab — це система управління проблемами на основі BCF, яка працює для усунення прогалин між різними інструментами BIM (рис. 2.1.5). Він призначений для того, щоб допомогти компаніям, які працюють над будівельними проектами, вирішити проблеми на етапах проектування та будівництва.

Функції BIMcollab включають співпрацю в реальному часі, порівняння моделей і візуалізацію. Платформа дозволяє користувачам зв'язуватися з партнерами по проекту та переглядати BIM-моделі в режимі реального часу, сприяючи співпраці та координації. BIMCollab також надає ряд інструментів для розмітки, відстеження проблем і керування версіями, допомагаючи командам швидко вирішувати проблеми та уникати потенційних конфліктів. [4]

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

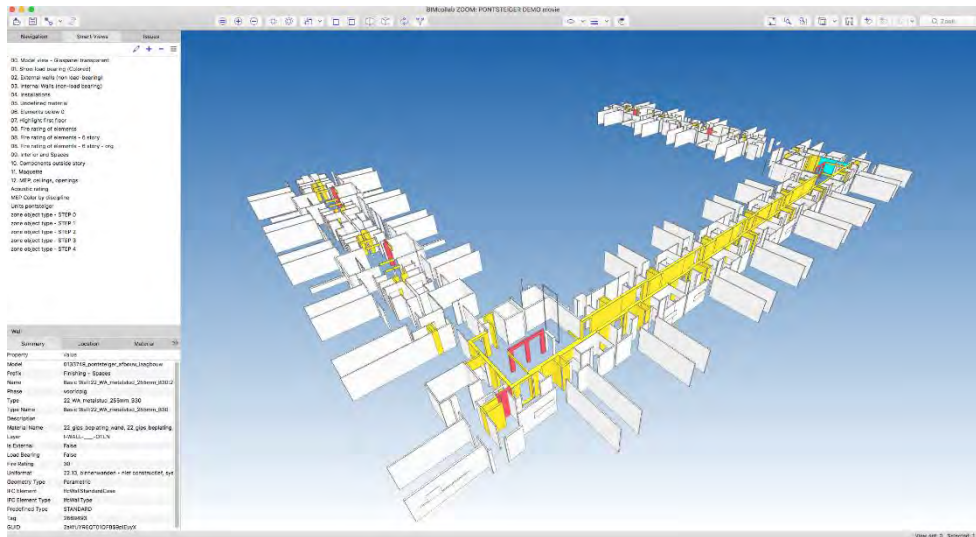


Рисунок 2.1.5 – Скріншот програми

6. Dalux

Dalux — це програмне забезпечення BIM, яке допомагає керувати будівельними проектами (рис. 2.1.6). Це хмарна програма, до якої можна отримати доступ з будь-якого місця. Функції Dalux включають відстеження прогресу, управління витратами, планування та розподіл ресурсів.

Dalux також надає різноманітні інструменти для керування проектною документацією, наприклад бібліотеку документів, контроль версій і коментування. [4]

Dalux відрізняється тим, що пропонує безкоштовну версію для невеликих проектів і платну версію для великих проектів. Dalux також надає аналіз даних BIM, що дає вам цінну інформацію про ваш проект.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

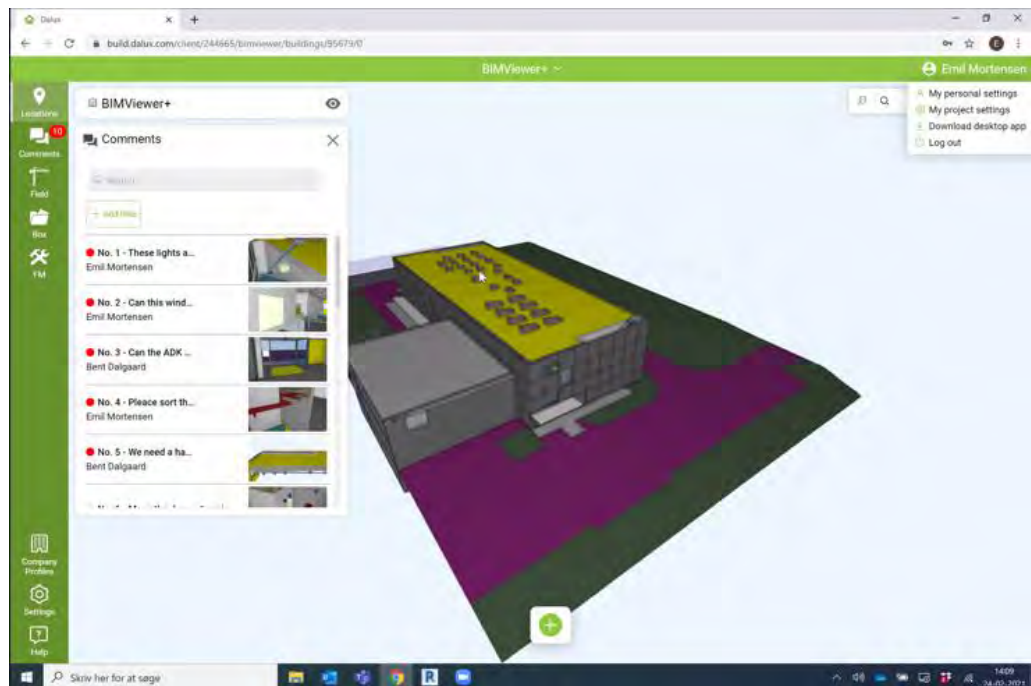


Рисунок 2.1.6 – Екран програми Dalux

7. Autodesk Construction Cloud

Окрім Revit, Autodesk також продає Autodesk Construction Cloud (раніше BIM360) для підтримки проектів BIM (рис. 2.1.7). Autodesk Construction Cloud також відома як ACC. Сервіс ACC намагається централізувати та покращити прийняття рішень на всіх етапах проекту. [4]

Деякі відомі функції включають перегляд проекту, координацію BIM, контрольні списки програм безпеки, керування проблемами та координацію результатів, серед іншого. Забезпечується безперебійний обмін даними між полем і офісом за допомогою ACC, що сприяє кращій координації та співпраці. ACC також пропонує набір мобільних програм, які дозволяють користувачам отримувати доступ до даних і документів з будь-якого місця та в будь-який час. [4]

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

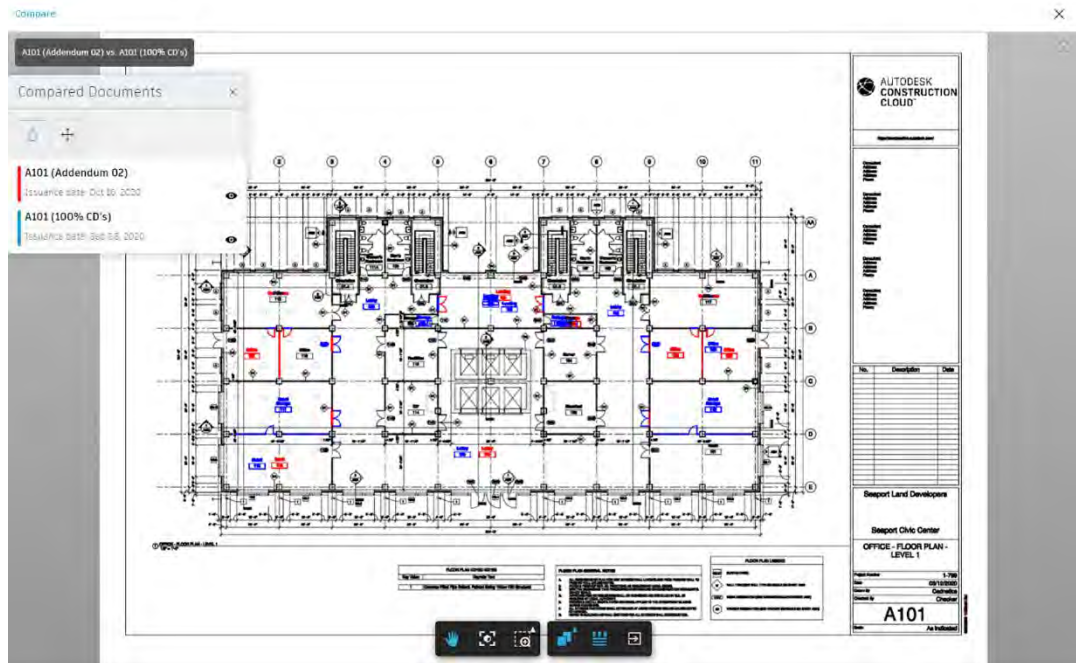


Рисунок 2.1.7 – Приклад програми Autodesk Construction Cloud

8. Graphisoft ArchiCAD

Graphisoft ArchiCAD — це програма BIM/CAD для інформаційного моделювання будівель (BIM) і двовимірного автоматизованого проектування (CAD). [4]

ArchiCAD пропонує широкий вибір інструментів BIM для обробки всіх поширених аспектів процесу архітектурного проектування, включаючи співпрацю над проектом, розробку MEP, аналіз енергії та будівельну документацію (рис.2.1.8).

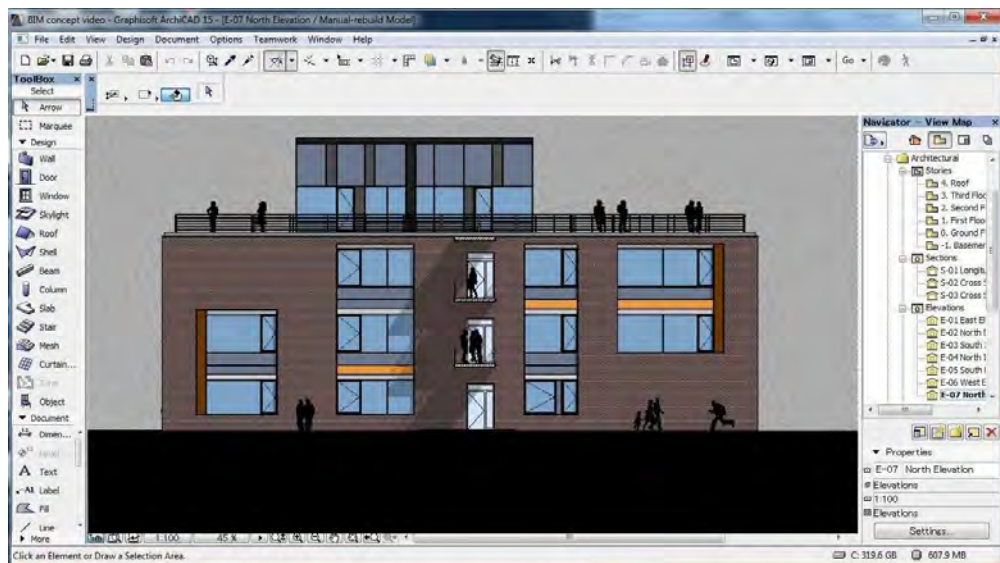


Рисунок 2.1.8 – Приклад інтерфейсу

				<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					15	

9. Solibri Model Checker

Solibri Model Checker (або скорочено SMC) — це відкритий інструмент перевірки моделей BIM, який допомагає архітекторам та інженерам перевіряти якість їхніх інформаційних моделей будівель (BIM). SMC також можна використовувати для запуску правил і пошуку конфліктів у моделях BIM (рис. 2.1.9).

SMC аналізує модель на предмет потенційних проблем і відображає результати у легкому для розуміння звіті. Потім цей звіт або експортовані дані BCF можна використовувати для внесення змін до моделі, гарантуючи, що вона відповідає всім необхідним вимогам. Solibri відрізняється тим, що це один із небагатьох інструментів BIM, який занурюється в бур'ян для перевірки моделі та забезпечення якості BIM. Solibri Model Checker допомагає забезпечити найвищу якість кінцевого продукту BIM. [4]

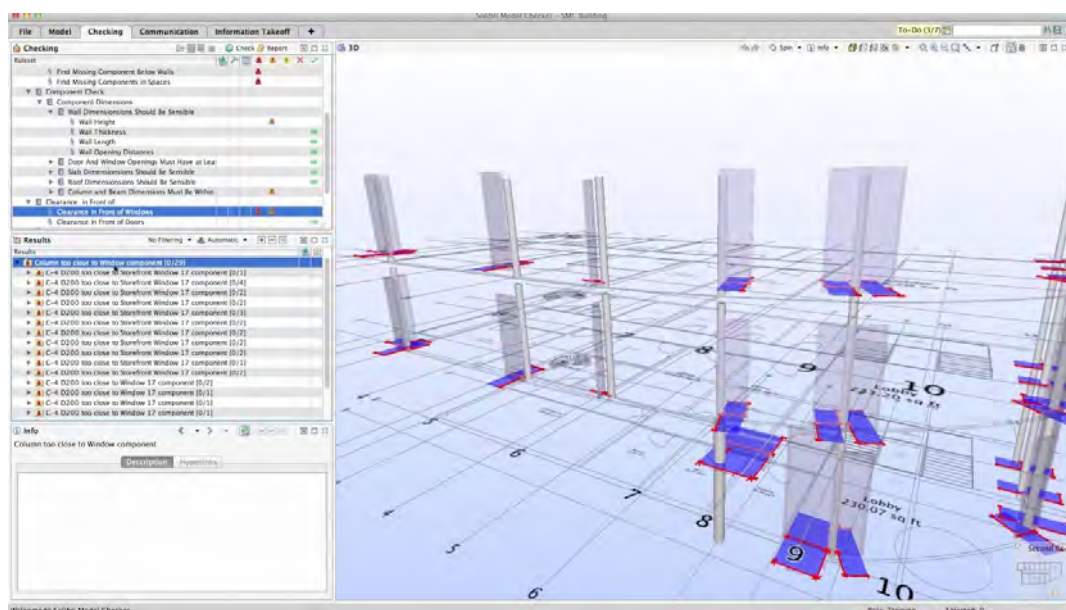


Рисунок 2.1.9 – Скріншот програми Solibri Model Checker

10. BricsCAD BIM

Іншим комплексним інструментом BIM є BricsCAD BIM – універсальне рішення, яке належить Hexagon – ще одному з значущих гравців на ринку САПР.

BricsCAD BIM каже, що вони мають інше бачення BIM. Вони зосереджуються на першому підході САПР (з баченням, заснованим на звичній платформі DWG), але він поєднує раннє проектування, BIM і виготовлення в єдиний робочий процес, який постійно розвивається. [4]

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

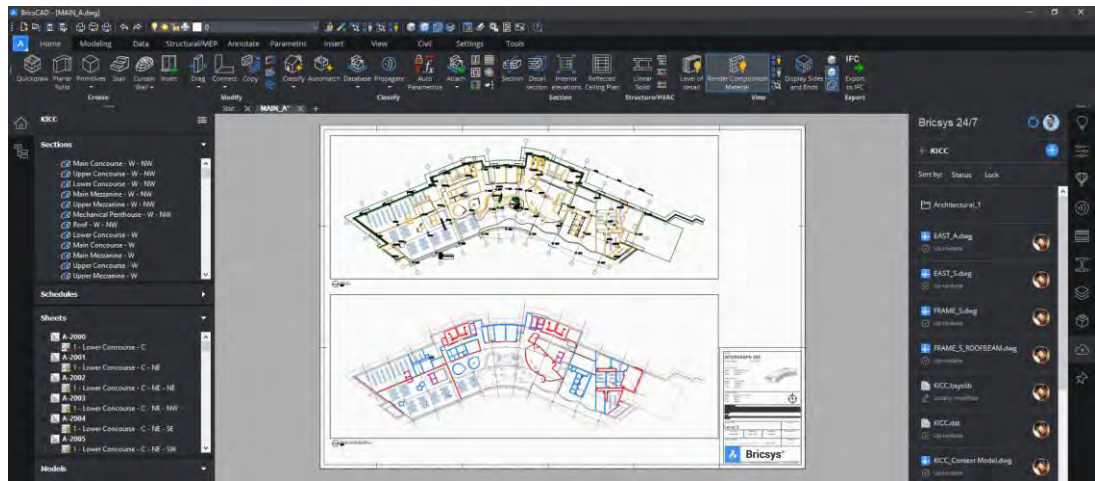


Рисунок 2.1.10 – Інтерфейс програми BricsCAD BIM

Об'єкти роботи інформаційної моделі

Будівельні котловани

Для проектування та планування будівельних котлованів, фундаментів і ґрунтових укосів часто необхідно враховувати складні граничні умови при оцінці поведінки ґрунту та ґрунтових вод.

Будівельні котловани під ґрунтовими водами

При проектуванні будівельних котлованів нижче рівня ґрунтових вод розрізняють герметичні (водонепроникні) котловани та будівельні котловани з водозабором.

У разі водонепроникного котловану ґрунтові води відкачуються тільки з котловану. Для цього потрібна конструкція, яка складається зі стін і основи з дуже низькою водопроникністю, які утворюють майже непроникний жолоб. Штучна основа повинна бути створена, якщо підґрунтя природним чином не забезпечує повноцінного низькопроникного шару ґрунту достатньої товщини.

Будівельні котловани з плановим водозабором ґрунтових вод не пред'являють особливих вимог до водонепроникності стін і основи. Використовуючи часто кілька колодязів, ґрунтові води зазвичай опускають приблизно на 0,5 м нижче кінцевого рівня земляних робіт. [5]

					МД ПМ-7119.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Аналіз деформації тунелю біля водонепроникного котловану

Проект котловану повинен задовольняти всім граничним станам граничної та експлуатаційної придатності протягом усіх етапів будівництва та можливих наступних етапів життєвого циклу. У разі необхідності використовуються чисельні методи, щоб гарантувати виконання всіх граничних станів експлуатаційної придатності, тобто кількісне визначення окремої деформації, спричиненої як самим процесом будівництва, так і внаслідок систематичної деформації конструкції, що дозволяє оцінити вплив будівництва на сусідні будівлі. За допомогою програми вимірювання на місці обчислена характеристика порівнюється з виміряними деформаціями на всіх етапах будівництва, де можна встановити різні порогові значення, значення сигналізації та граничні значення, що забезпечує необхідні рівні безпеки. [5]

Ґрунти

Ґрунти можна розділити на різні типи ґрунтів відповідно до грануляції або текстури ґрунту, тобто щодо гранулометричного складу їх мінеральної речовини. Загалом розрізняють зернові фракції грубого ґрунту (діаметр зерна > 2 мм) і фракції дрібного ґрунту (діаметр зерна < 2 мм). Точна класифікація та позначення зернових фракцій чітко представлені в наступній таблиці 1.3.1.

Таблиця 1.3.1. Класифікація та позначення фракцій зерна

	Позначення фракції зерна		Діаметр мм	Символ
	Округлі	Кутові		
Чорнову підлога	Валуни	Каміння	>63	Каміння: X
	Гравій	Гравій	63 - 2	Гравій: G
Дрібний ґрунт	Пісок		2 - 0,063	S
	Мул		0,063 - 0,002	U
	Глина		<0,002	T

Залежно від розміру мінеральної речовини в дрібноземі розрізняють 3 типи ґрунту: пісок (S), мул (U) і глину (T). Як правило, класи розміру зерна в ґрунті змішані, з домінуючою фракцією, яка дає назву, наприклад, піщана глина (sT) або мулистий пісок (uS). Існує також суглинок як «четвертий» тип ґрунту, який займає проміжне положення між піском, мулом і глиною.

Якість кожного типу ґрунту

Розмір зерен і тип ґрунту тісно пов'язані з балансом води, повітря та поживних речовин. Крім того, вони впливають на проникнення коренів і здатність до обробки ґрунту. Разом з іншими факторами розмір зерен і тип ґрунту визначають родючість ґрунту. Властивості ґрунтів можна побачити в табл. 1.3.2.

Таблиця 1.3.2. Типи ґрунтів і властивості ґрунтів

Характеристики	Ґрунт з великою часткою піску	Глинистий ґрунт	Ґрунт з високим вмістом глини
Розмір пор	великий	Займає середню позицію	малий
Вміст повітря в об. - %	30 - 40		0 - 15
Вентиляція	інтенсивна		погана
Водний потік	добрий		погана
Водоутримуюча здатність	мала		висока
Вміст поживних речовин	малий		високий
Адсорбційна здатність	мала		висока
Розігрів	добрий		погана
Проникнення кореня	добре		погана
Оброблюваність	легка		важка

Визначення типу ґрунту за допомогою аналізу опадів

Седиментація, тобто гравітаційне осадження крупинок ґрунту у воді, призводить до відділення дрібних фракцій піску, мулу та глини. Цей метод заснований на законі Стока. Відповідно до цього зерна різного розміру тонуть у воді з різною швидкістю.

Застосовується наступна формула (1.4.1):

$$v = \frac{2(d_k - d_w)r^2g}{9\eta}, \quad (1.4.1)$$

де v – швидкість зниження (см/с);

d_k – щільність зерен;

d_w – щільність води (г/см³);

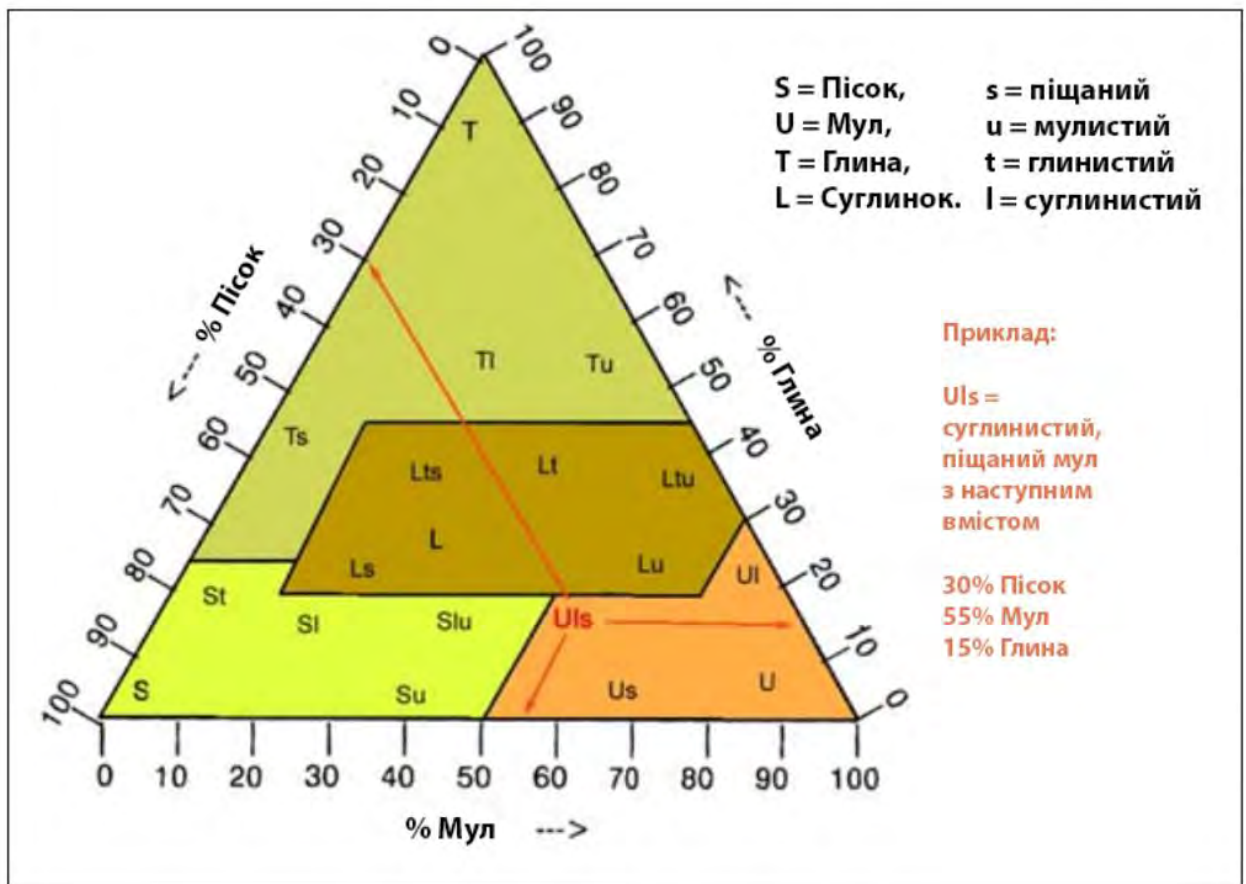
r – радіус зерна (см);

g – прискорення сили тяжіння (см/с);

η – в'язкість (г/(см*с)).

Якщо виміряти кількість частинок, які осіли за певний час, і обчислити їх відсоток у зразку ґрунту, то тип ґрунту можна точно визначити за допомогою трикутника розміру зерна - якщо необхідно, включаючи результати додаткового просіювання. З класами зернистості можна ознайомитись на діаграмі 1.4.1. [6]

Діаграма 1.4.1. Трикутна діаграма класів зернистості



Щільність ґрунту

Щільність ґрунту є однією з найважливіших фізичних властивостей ґрунту. Давайте тут розрізняти щільність ґрунту у вужчому значенні та щільність зберігання.

Щільність ґрунту у вужчому розумінні (dF) — це щільність твердих компонентів ґрунту без урахування порожнеч, тобто відношення маси до об'єму твердої речовини ґрунту:

$dF = \text{суха маса} : \text{об'єм речовини}$

Щільність мінеральних речовин ґрунту становить від 2,60 до 2,75 г/см³, щільність кварцу, наприклад, становить 2,65 г/см³, тоді як щільність органічних речовин становить від 1,0 до 1,4 г/см³. [6]

Щільність зберігання (d) – це щільність ґрунтового субстрату в природному складі, тобто з урахуванням порожнин. Тут вказана щільність або об'ємна вага сухого ґрунту. З цією метою зразки ґрунту, що зберігаються в природних умовах, відбираються у відповідному місці стандартизованим пробовідбірником ґрунту, висушуються та зважуються:

$d = \text{суха маса} : \text{об'єм}$

Щільність зберігання коливається в мінеральних ґрунтах від 1,1 до 1,8 г/см³ і в органічних ґрунтах від 0,12 до 0,48 г/см³.

За щільністю можна розрахувати суху вагу конкретних горизонтів або кількості ґрунту. Приклад:

Гумусний верхній шар ґрунту має щільність 1,3 г/см³. Відповідний ґрунтовий горизонт товщиною 10 см має щільність 130 кг/м² (1,3 г х 100 см х 100 см х 10 см). Щільність такої підлоги становить 1300 кг або 1,3 т на м³. [6]

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

Розпірки в котловані

При будівництві будь-якої підземної споруди нижче поверхні землі перед початком будівництва необхідно провести розкопки на глибину, що рекомендується. У тих випадках, коли в ґрунті повинні бути зроблені глибокі вертикальні розрізи (скажімо, близько 3 м), необхідно передбачити підтримку ґрунту, щоб запобігти його обвалу. Проектування розкосів включає оцінку напруги в елементах (розпірках), що використовуються для підтримки розрізу, і забезпечення відповідних розмірів елементів або перерізів, щоб уникнути руйнування конструкції. Вони зазвичай класифікуються як тимчасові роботи у будівництві.

Більшість дрібнозаглиблених фундаментів у зв'язкових ґрунтах можуть не потребувати бічних опор для забезпечення стійкості розрізу. Крім того, за наявності достатнього місця сторони котловану можуть бути похилими, що усуває необхідність у розпірках чи опорах. Однак, коли глибина вертикальних котлованів перевищує 3 м, найбільш поширеною практикою є встановлення вертикальних дерев'яних дощок, які називаються профнастилом, уздовж сторін котловану. Горизонтальні балки, звані розпірками, що йдуть з боку на бік котловану, використовуються для утримання кілів на місці.

Для більш глибоких виїмок близько 5-6 м використання дерев'яного покриття може стати неекономічним, і можна використовувати стіни зі сталевих шпунт. Шпунтові палі зручні у використанні через їх високу стійкість до навантажень. З іншого боку, вони відносно легкі та придатні для повторного використання порівняно з деревиною.

Шпунтові палі забиваються по межі котловану. У міру того, як ґрунт видаляється з огорожі, вставляються стовпи та розпірки. Процес триває доти, доки розкопки не будуть завершені (див. рис. 2.1.1).

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

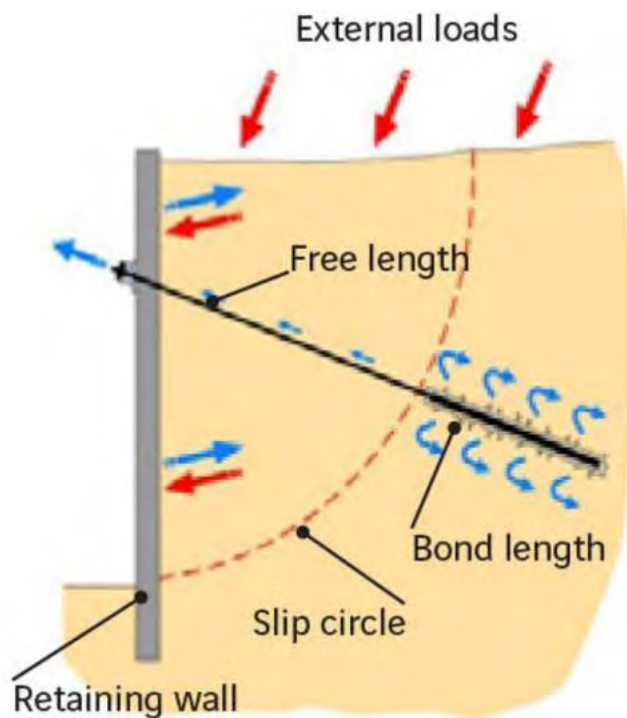


Рисунок 2.1.1 - Типове схематичне зображення зворотного зв'язку

Розподіл бічного тиску на ґрунт у розкосних виїмках

Для проектування розкосів інженер повинен оцінити бічний тиск, якому піддаватиметься розкіс. Розподіл бокового тиску ґрунту в розкосних виїмках відрізняється від розподілу звичайних підпірних стін. Це пов'язано з тим, що деформація розкісних стінок поступово збільшується з глибиною котловану. На деформацію впливають такі чинники, як тип ґрунту, тип використовуваного обладнання, глибина земляних робіт та якість виготовлення.

Через дуже невелику податливість стіни у верхній частині котловану тиск буде дуже близьким до спокою нагорі. У нижній частині стіни з більшою податливістю бічний тиск ґрунту буде нижчим, ніж активний тиск ґрунту Ренкіна. Внаслідок цього розподіл тиску ґрунту в розкісних виїмках значно відрізняється від розподілу підпірних стін (рис.2.1.2).

					МД ПМ-7119.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

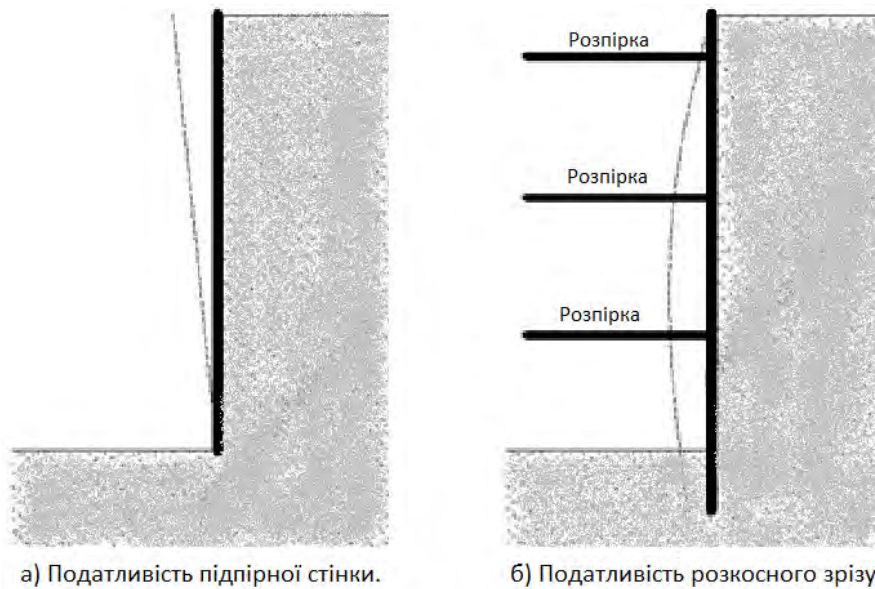


Рисунок 2.1.2 - Деформаційна поведінка розкосів та підпірних стінок

Пек 1969 року представив діаграму розподілу тиску розкосів. Діаграми були розроблені на основі спостережень та досліджень, отриманих для навантаження на стійки берлінського, мюнхенського та нью-йоркського метро. Він описав тиск як огинаючу здається тиску, яка є фіктивним розподілом тиску для оцінки навантажень на розпірки в розрізі зі зв'язками (рис.2.1.3).

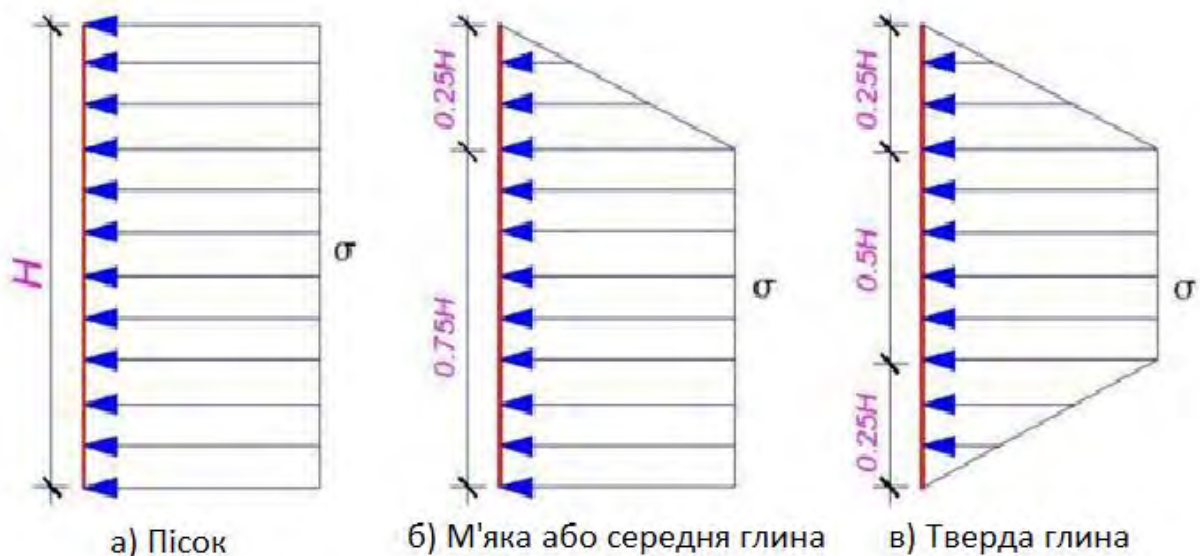


Рисунок 2.1.3 -Розподіл тиску, що здається, в розкосах

а) Для розрізів у піску.

Бічний тиск для розрізів у піску визначається виразом 2.1.1:

$$\sigma = 0.65 \gamma H K_a, \quad (2.1.1)$$

де γ – вага одиниці ґрунту;

H – висота різання;

K_a – активний тиск землі Ренкіна.

б) Для розрізів у глині середньої м'якості ($\gamma H/c > 4$)

Бічний тиск більший (2.1.2):

$$\sigma = \gamma H \left[1 - \left(\frac{4c}{\gamma H} \right) \right] \text{ або } \sigma = 0.3\gamma H \quad (2.1.2)$$

в) Для розрізів у твердій глині ($\gamma H/c \leq 4$) за виразом 2.1.3:

$$\sigma = 0.2\gamma H \text{ до } 0.4\gamma H \text{ (в середньому } 0.3\gamma H \text{)}, \quad (2.1.3)$$

де c – недреноване зчеплення ґрунту.

Проектування різноманітних компонентів розкісного перерізу.

Стійки.

Розпірки у розкосах поводяться як горизонтальні колони. Таким чином, несуча здатність залежить від коефіцієнта гнучкості та стійкості до вигину. Під час будівництва рекомендується, щоб розпірки розташовувалися на відстані не менше ніж 3 м по вертикалі. У глинистих ґрунтах глибина першого розпору нижче поверхні землі має бути меншою за глибину тріщини розтягування.

Проектування розкосів - приклад рішення

Для фундаменту висотного будинку в піску середньої густини викопується довга траншея. Котлован підтримується стінами зі шпунтових паль, які утримуються розпірками та частками, як показано на рис. 2.1.4. Стійки розташовані в плані на відстані 4 м одна від одної.

					МД ПМ-7119.000.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

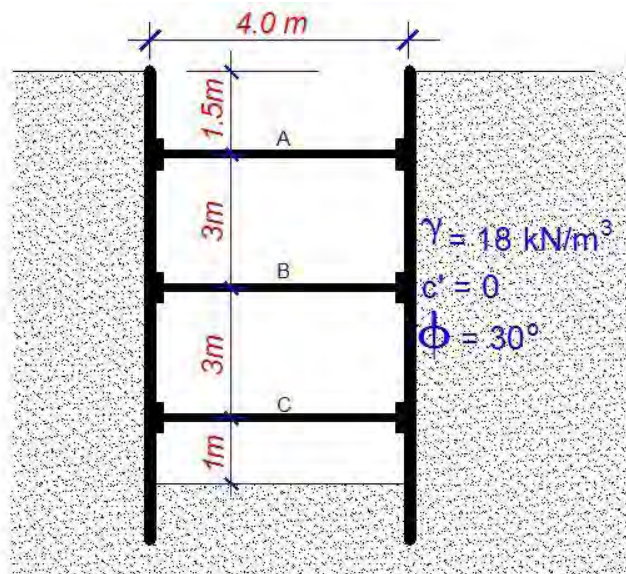


Рисунок 2.1.4 – Розпірки в котловані

Визначати:

- а) Тиск на стінку.
- б) Навантаження у стійках.
- в) Максимальний момент для визначення відповідного перерізу шпунтових паль.
- г) Максимальний момент для визначення перерізу вальсу.

Рішення.

- а) Тиск на стінку (рис.2.1.5).

Для закріпленого розрізу в піску огинаючого тиску визначається виразом 2.1.4:

$$\sigma = 0.65\gamma H K_a, \quad (2.1.4)$$

$$\text{де } K_a = \frac{(1 - \sin 30)}{1 + \sin 30} = 0.333$$

Отже:

$$\sigma = 0.65 * 18 * 8.5 * 0.333 = 33.11 \text{ кН/м}^2 \quad (2.1.5)$$

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

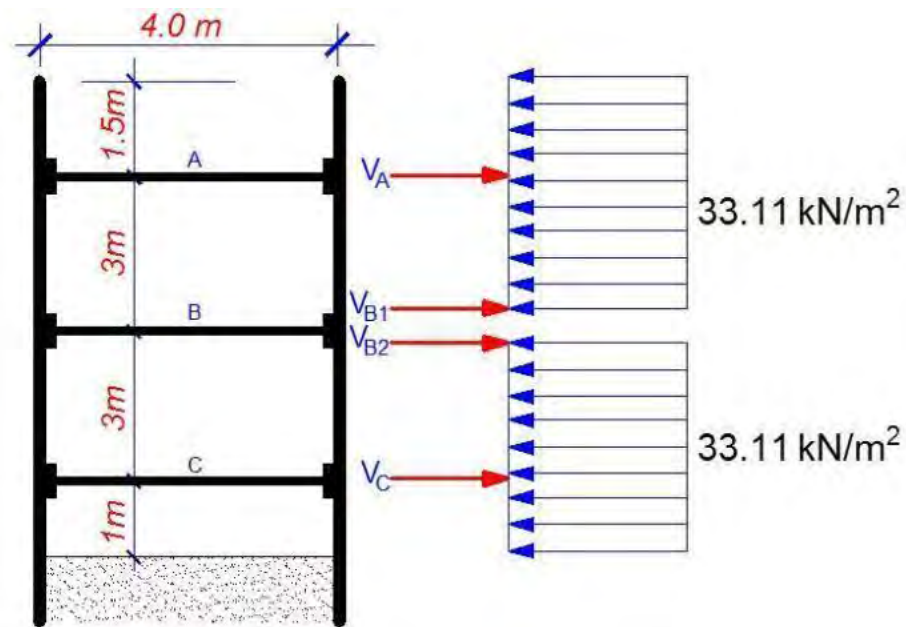


Рисунок 2.1.5 – Тиск, що тисне на стіну

б) Розрахунок навантаження на стійку

Оскільки стійки розташовані у плані з відривом 4 м с/с, $UDL = 33,11 \times 4 = 132,44$ кН/м.

Розділ А – Б

Взявши момент про А:

$$3V_{B1} - \frac{33.11 \cdot 3^2}{2} + \frac{33.11 \cdot 1.5^2}{2} = 0 \quad (2.1.6)$$

$$V_{B1} = \frac{111.746}{3} = 37.248 \text{ кН/м} \quad (2.1.7)$$

Беручи момент про В:

$$3V_A - \frac{33.11 \cdot 4.5^2}{2} = 0 \quad (2.1.8)$$

$$V_A = \frac{335.238}{3} = 111.746 \text{ кН/м} \quad (2.1.9)$$

Розділ Б - С

Взявши момент про С:

$$3V_{B2} - \frac{33.11 \cdot 3^2}{2} + \frac{33.11 \cdot 1^2}{2} = 0 \quad (2.1.10)$$

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{B2} = \frac{132.44}{3} = 44.146 \text{ кН/м} \quad (2.1.11)$$

Беручи момент про В:

$$3V_C - \frac{33.11 \cdot 4^2}{2} = 0 \quad (2.1.12)$$

$$V_C = \frac{264.88}{3} = 88.293 \text{ кН/м} \quad (2.1.13)$$

Діаграми поперечної сили для різних секцій показані на рис. 2.1.6:

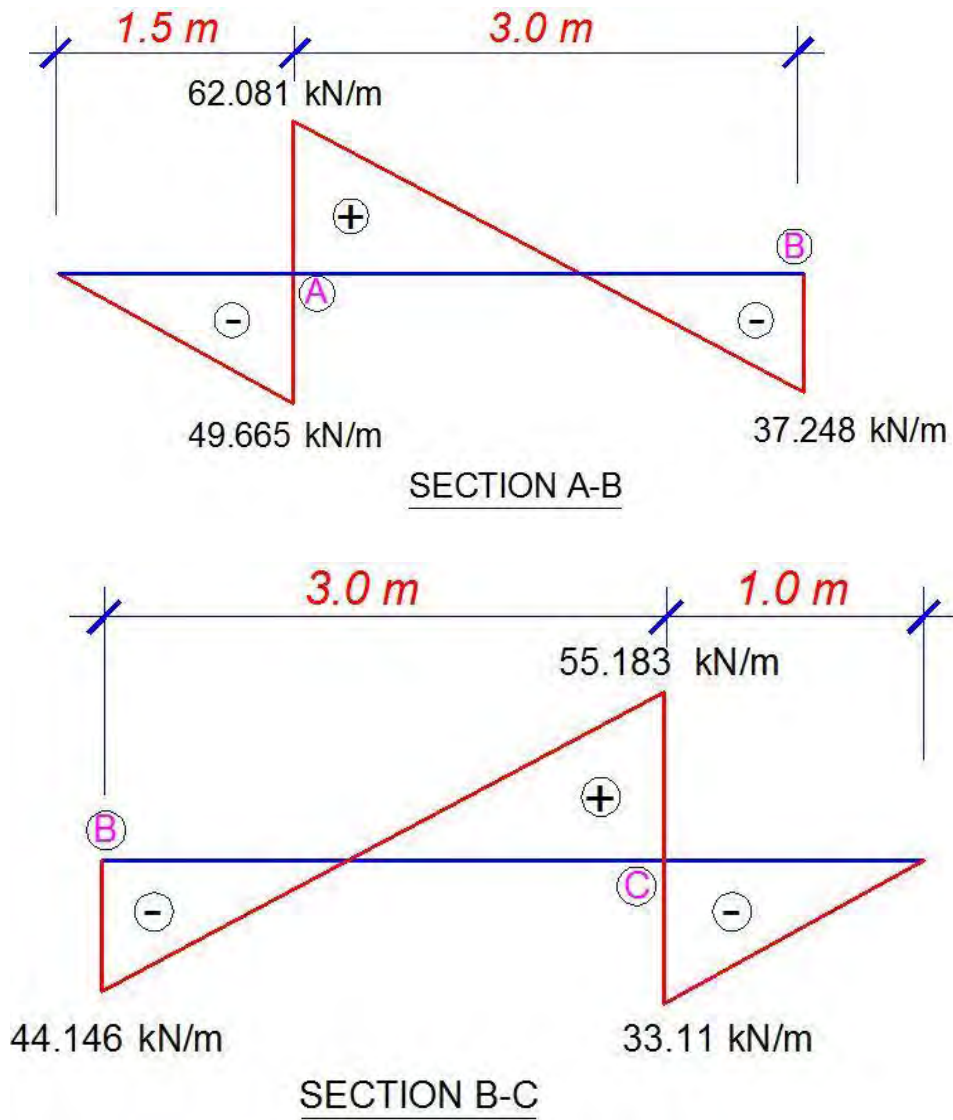


Рисунок 2.1.6 – Діаграми поперечної сили

У результаті навантаження на стійки такі:

$$V_A = 111.746 \text{ кН/м} \cdot 4 \text{ м} = 446.985 \text{ кН} \quad (2.1.14)$$

$$V_B = V_{B1} + V_{B2} = 37.248 + 44.146 = 81.394 \text{ кН/м} \cdot 4 \text{ м} = 325.576 \text{ кН} \quad (2.1.15)$$

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$V_C = 88.293 \text{ кН/м} * 4 \text{ м} = 353.173 \text{ кН} \quad (2.1.16)$$

З урахуванням навантажень стійки можуть бути спроектовані як сталеві колони з осьовим навантаженням.

в) Згинальний момент на шпунтових стінках

Дивлячись на діаграму поперечної сили, ми можемо підтвердити, що максимальний момент виникатиме в консольних областях та в точках проти згинання при зсуві.

Для перерізу А-В точка контр огинання діаграми поперечної сили (див. рис. 2.1.6) може бути отримана за допомогою аналогічного трикутника:

$$62.081 = (3 - x) \quad (2.1.17)$$

$$37.248 = x \quad (2.1.18)$$

При рішенні $x = 1.125$ м від точки В

Отже:

$$M_A = \frac{33.11 * 1.5^2}{2} = 37.25 \text{ кНм/м} \quad (2.1.19)$$

$$M_C = \frac{33.11 * 1^2}{2} = 16.55 \text{ кНм/м} \quad (2.1.20)$$

$$M_{A-B, \max} = (37.248 * 1.125) - (33.11 * 1.125^2)/2 = 20.951 \text{ кНм/м} \quad (2.1.21)$$

$$M_{B-C, \max} = (44.146 * 1.333) - (33.11 * 1.333^2)/2 = 29.43 \text{ кНм/м} \quad (2.1.22)$$

Максимальний момент для секції становить 37.25 кНм/м і повинен використовуватись для розрахунку шпунтової стіни з урахуванням коефіцієнта.

г) Момент конструкції стіни

Ми можемо використовувати максимально навантаження на стійку для розрахунку кіля (формула 2.1.23).

$$M_{\max} = PL^2/8, \quad (2.1.23)$$

де L – відстань між стійками у плані

$$M_{\max} = \frac{(111.746 * 4^2)}{8} = 223.492 \text{ кНм/м} \quad (2.1.24)$$

Дизайн може бути виконаний відповідно.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу увагу слід приділити розкісним виїмкам у шаруватих ґрунтах (будь ласка, зверніться до стандартних підручників з інженерно-геологічних робіт). Крім того, при необхідності слід враховувати пучення на дні закріплених виїмок у глинистих ґрунтах. [7]

Характеристики основних датчиків при проектуванні котлована

Кожен проект представляє унікальний набір критичних параметрів. Іноді поведінка ґрунту, структури або гірської маси зазвичай включає не лише один, а багато параметрів. У деяких сценаріях може бути достатнім контролювати лише один параметр, але коли проблема складніша, потрібно вимірювати кілька параметрів за допомогою різних приладів для кореляції між вимірюваннями. Тому розглянемо датчики, які зазвичай використовуються у більшості проектів.

До п'яти найкращих характеристик точності входять нелінійність, смуга статичної похибки, неповторюваність, повзучість і температурна компенсація. Окремо кожна специфікація є частиною головоломки, а разом вони дають більш чітке уявлення про точність тензодатчиків.

1. Нелінійність

Найпоширенішою специфікацією, пов'язаною з точністю, є нелінійність. Однак специфікація може бути виміряна різними методами та виражена по-різному. Деякі виробники віддають перевагу консервативнішому підходу, використовуючи просту алгебру, а інші використовують рівняння вищого порядку, завдяки яким продукти виглядають краще.

Для вимірювання сили нелінійність - це алгебраїчна різниця між вихідним сигналом при певному навантаженні та відповідною точкою на прямій лінії, проведеній між вихідними сигналами при мінімальному та максимальному навантаженні. Зазвичай він виражається в одиницях % повної шкали (% FS). Його також можна виразити в одиницях % від номінальної потужності (% RO), яка є вихідною потужністю, що дорівнює алгебраїчній різниці між сигналом при мінімальному навантаженні плюс потужність і сигналом при мінімальному

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаженні. Якщо відсоток становить 0,02 % повної шкали, то максимальна похибка у відсотках становитиме 0,2 % при 10 % діапазону.

Щоб розрахувати нелінійність консервативним способом, виміряйте різницю в точці перетину Y між базовою лінією та паралельною лінією, що проходить через точку максимального відхилення.

Щоб скористатися цим методом, спочатку обчисліть нахил базової лінії, яка є лінією, що проходить через дві кінцеві точки (рис.2.2.1).

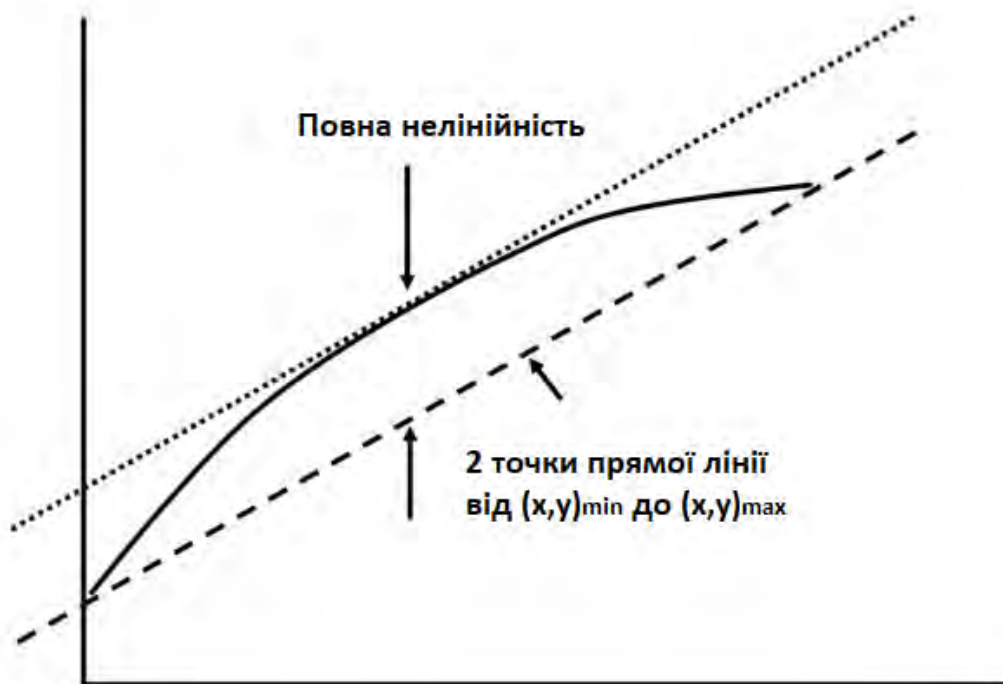


Рисунок 2.2.1 - Нелінійність із базовою лінією

Далі знайдіть максимальне відхилення в середній точці X , яка зазвичай має найбільшу похибку між фактичними отриманими значеннями та розрахованою базовою лінією.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

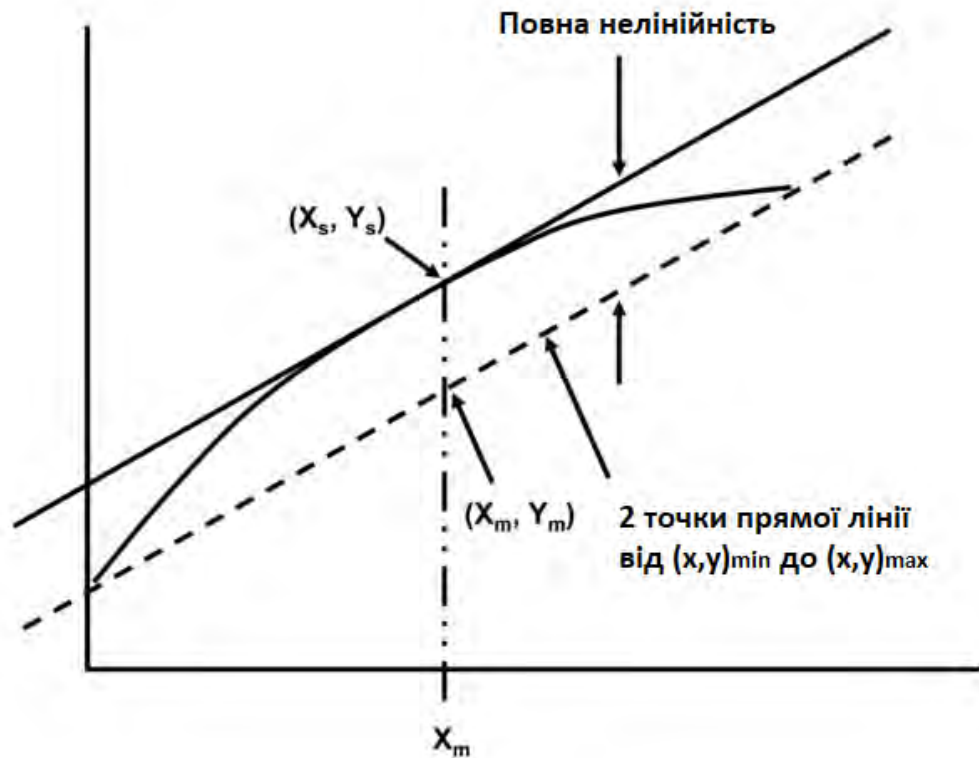


Рисунок 2.2.2 - Середня нелінійність

Середня точка X (X_m) знаходиться в рівнянні 2.2.1:

$$X_m = \left(\frac{X_{\max} - X_{\min}}{2} \right) + X_{\min} \quad (2.2.1)$$

Якщо вісь Y проходить через нуль, то рівняння виглядає так:

$$\%Linearity = \left| \frac{\left(\frac{y_{\max}}{2} \right) - y_s}{\left(\frac{y_{\max}}{2} \right)} \right| \times 100\% \quad (2.2.2)$$

Якщо вісь Y не проходить через нуль, то рівняння виглядає так:

$$\%Linearity = \left| \frac{\left[\left(\frac{y_{\max} - y_{\min}}{2} \right) + y_{\min} \right] - y_s}{\left[\left(\frac{y_{\max} - y_{\min}}{2} \right) + y_{\min} \right]} \right| \times 100\% \quad (2.2.3)$$

Важливо відзначити, що специфікація нелінійності виробника заснована на ідеальних умовах. Він характеризується одним положенням, одним розташуванням, одним налаштуванням приладу, однією температурою та одноразовим інтервалом між вимірюваннями (рис.2.2.3). Таким чином, якщо

будь-яка з цих умов зміниться, це може вплинути на нелінійність тензодатчика. Виробники, які дотримуються більш консервативного підходу, часто використовують нелінійність у найгіршому випадку, яка зазвичай становить 40-60 % повної шкали.

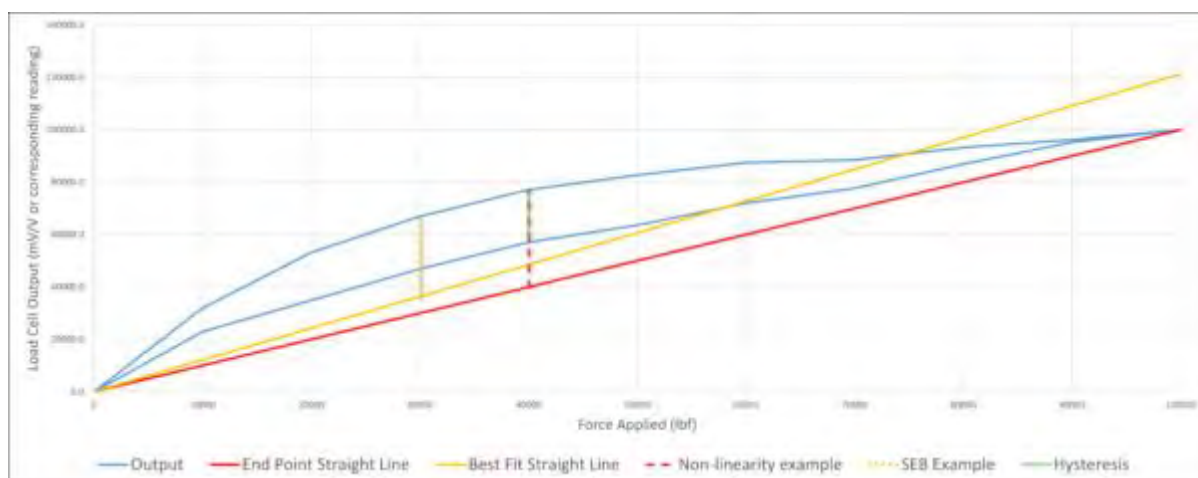


Рисунок 2.2.3 - Характеристики тензодатчика, виражені в розгорнутому вигляді в Excel.

Як правило, BFSL не починається з нуля.

2. Смуга статичної похибки

Інша специфікація, яка визначає точність тензодатчика, — діапазон статичної похибки (SEB). Це діапазон максимальних відхилень висхідної та спадної точок калібрування від найкращої лінії через нульовий вихід. Він включає ефекти нелінійності, гістерезису та неповернення до мінімального навантаження. SEB зазвичай виражається в одиницях % FS.

SEB корисний, коли цикл завантаження вимагає як висхідного, так і спадного режимів. Якщо це єдиний спосіб використання тензодатчика, тоді специфікація нелінійності має невелике значення. Якщо тензодатчик використовується для виконання вимірювань у зростанні та спаді, тоді подивіться на нелінійність для варіанта використання вимірювання у зростанні та SEB, коли варіант використання вимагає комбінованої кривої.

SEB особливо корисний для індикаторів, які мають лише одну точку діапазону. Число SEB дасть приблизну оцінку того, наскільки далеко може бути те, що ви вимірюєте в діапазоні.

Це дуже корисно для моніторингу сил у різних програмах. Під час розрахунку калібрувальної та вимірювальної здатності (СМС) можна використовувати SEB замість нелінійності та гістерезису.

3. Неповторюваність

Коли навантаження багаторазово прикладається до тензодатчика, вихідний сигнал тензодатчика може дещо змінюватися при кожному застосуванні. Специфікація неповторюваності визначає точність тензодатчика, вказуючи, наскільки подібними є результати при повторенні вимірювань за ідентичних умов. Зазвичай він виражається в одиницях % від номінальної потужності (% RO).

Неповторюваність визначається як максимальна різниця між вихідними показаннями для повторних навантажень за ідентичного навантаження та умов навколишнього середовища. Під час вимірювання неповторюваності важливо мати того самого оператора, адаптери, індикатор, калібрувальну машину, розташування та температуру. Усі вимірювання мають бути проведені протягом короткого періоду часу.

Неповторюваність не може бути компенсована. Тому кращим є тензодатчик із меншою неповторюваністю (рис. 2.2.4).

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

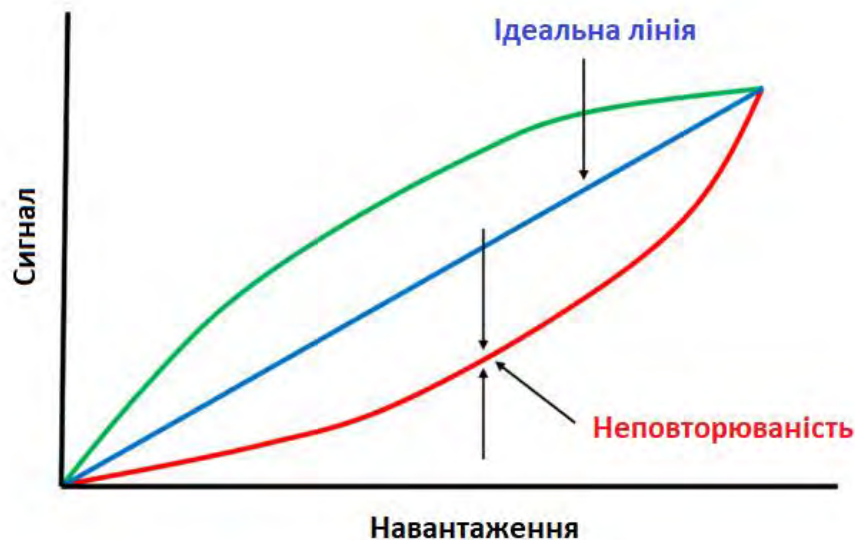


Рисунок 2.2.4 – Неповторюваність в порівнянні з ідеальною лінією

4. Повзучість

Специфікація повзучості тензодатчика важлива для застосувань, де тензодатчик залишається під тиском протягом тривалого періоду. Повзучість — це зміна виходу тензодатчика в режимі реального часу під час зважування об'єкта. Щоб визначити повзучість тензодатчика, усі умови навколишнього середовища та інші змінні мають залишатися постійними.

Відновлення повзучості визначається в ASTM E74 як «зміна прогину інструменту для вимірювання сили після зняття сили після випробування на повзучість». Далі ASTM каже: «Відновлення повзучості виражається як відсоткова різниця зміни вихідної потужності при нульовій силі після випробування на повзучість і вихідної потужності нульової сили на початку випробування на повзучість, поділена на вихідну потужність під час випробування на повзучість. Вимірювання нульової сили виконується після досягнення механічної та електричної стабільності та часу, що дорівнює часу випробування на повзучість. Для багатьох приладів для вимірювання сили характеристики повзучості та характеристики відновлення повзучості є наближеними дзеркальними відображеннями».

Коли до датчика навантаження прикладається сила, це спричиняє деформацію датчика навантаження та тензодатчика. Повзання датчика навантаження відбувається, коли цій деформації потрібен час, щоб повернутися до початкової форми.

Якщо навантаження постійно прикладається до тензодатчика, вихідний сигнал буде поступово змінюватися з часом (рис. 2.2.5). Вимірювання слід проводити через постійний інтервал часу, щоб зафіксувати справжню повзучість. Для точності та повторюваності враховуйте встановлену величину повзучості перед зніманням показань.

Хоча повзучість можна звести до мінімуму, її неможливо повністю усунути.

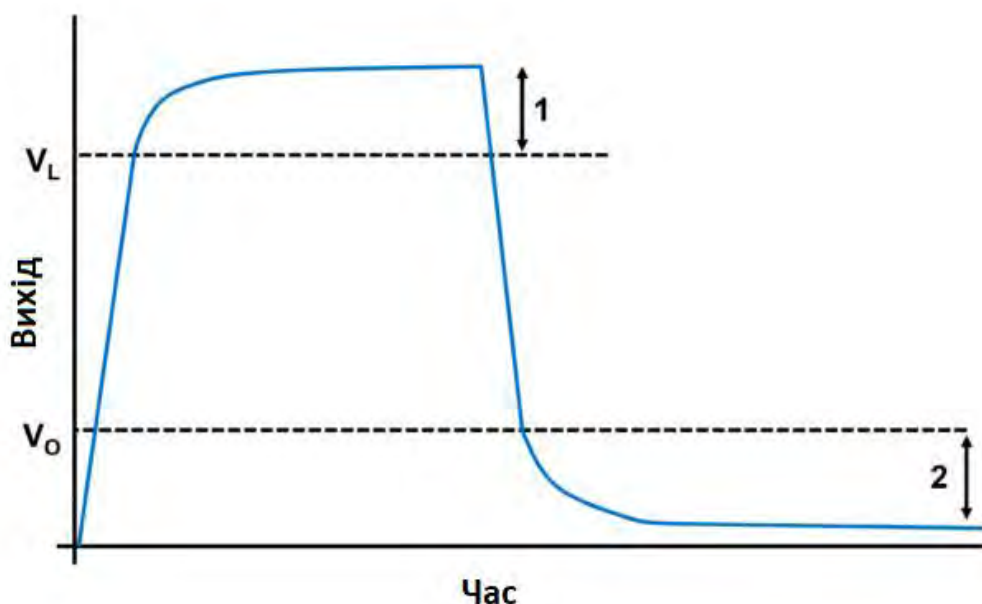


Рисунок 2.2.5 - Повзання тензодатчика

5. Температурний діапазон компенсації

Оскільки тензодатчики зазвичай виготовлені з нержавіючої сталі, легованої сталі або алюмінію, зміни температури впливатимуть на точність тензодатчика. Температура впливає на вихідний сигнал і нульовий баланс, які вказані в специфікаціях.

Специфікація температурного діапазону з компенсацією визначається як діапазон температур, у якому тензодатчик компенсується для підтримки номінальної потужності та нульового балансу в певних межах.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо тензодатчик піддається впливу прямого сонячного світла, розташованого поблизу обладнання, яке нагріває територію, або сильного холоду, а потім спеки, різкі зміни температури можуть вплинути на точність. Обов'язково регулярно контролюйте температуру в приміщенні та захищайте тензодатчик від прямого сонячного проміння. Щоб відповідати специфікаціям, також важливо, щоб весь тензодатчик мав однакову температуру. Якщо існує різниця температур у тензодатчику, похибки можуть бути набагато більшими, ніж зазначено в специфікаціях.

Датчики навантаження, які компенсуються в більш широкому діапазоні температур, можуть знадобитися для певних застосувань. Датчик навантаження можна використовувати при температурах, що виходять за межі діапазону температурної компенсації, але його характеристики можуть бути порушені.

Важливо відзначити, що необхідно враховувати будь-які відхилення умов навколишнього середовища від температури, за якої було відкалібровано пристрій.

Коли тензодатчики використовуються в практичних застосуваннях, надзвичайно важко, а можливо, неможливо відтворити умови, які використовувалися для створення цих специфікацій точності. Проте, проаналізувавши ці п'ять найкращих специфікацій, ви можете краще зрозуміти очікувану точність датчика навантаження.

Хоча точність датчика навантаження часто вважається найважливішим фактором при купівлі датчика навантаження, кінцевою метою має бути розуміння очікуваної продуктивності датчика навантаження.

2.1.1. Тензодатчик навантаження

Датчик навантаження – це перетворювач, який перетворює механічну силу в зчитувані електричні одиниці, подібні до наших звичайних ваг. Їх основне призначення – зважування або перевірка кількості перенесеного вантажу (рис.2.2.1.1).

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

Щоб зрозуміти їх більше, необхідно знати про тензодатчики, їх види, принцип роботи, а також області застосування.



Рисунок 2.2.1.1 - Датчик навантаження на стиснення між стійками на станції метро, що будується

Тензодатчики широко використовуються для вимірювання кількості навантаження, що передається на стійки. Датчики навантаження встановлюються між стійками. Зі специфікацією можна ознайомитись в табл. 2.2.1.1.

Таблиця 2.2.1.1. Технічні характеристики моделі мембранного типу FC51 [9]

Навантаження	100/200/300/500/1000/2000 кг
Номинальний вихідний сигнал	1.3~1.8mV/V
Напруга живлення	5~15V
Нульовий баланс	±2%
Нелінійність	±0.3%
Гістерезис	±0.3%
Ступінь розбіжності	±0.1%
Повзучість (30 хв)	±0.1%
Безпечне перевищення допустимого навантаження	150%

Продовження таблиці 2.2.1.1

Граничне перевищення допустимого навантаження	200%
Компенсований температурний діапазон	-10...+40°C
Робочий температурний діапазон	-20...+60°C
Вплив температури при нулі	±0.01%
Вплив температури на проміжку	±0.01%
Вхідний опір	385±30Ω
Опір ізоляції	>5000MΩ(50V)
Ступінь захисту	IP66
Матеріал	Нержавіюча сталь 17-4PH
Кабель	Ø4*1500мм 4-х жильний кабель

Більшість мостових датчиків зазвичай вказують номінальний вихідний сигнал.

Зазвичай він виражається у мВ/В, де мВ/В — це відношення вихідної напруги до напруги збудження, необхідної для роботи датчика. Більшість тензодатчиків є датчиками на основі тензодатчиків, які забезпечують вихідну напругу, пропорційну напрузі збудження. Багато з них оснащено чотирма тензодатчиками в конфігурації моста Уїтстона (рис. 2.2.1.2). Коли прикладається сила, відносна зміна опору вимірюється індикатором. Сигнал датчика навантаження перетворюється на візуальне або числове значення за допомогою «цифрового індикатора».

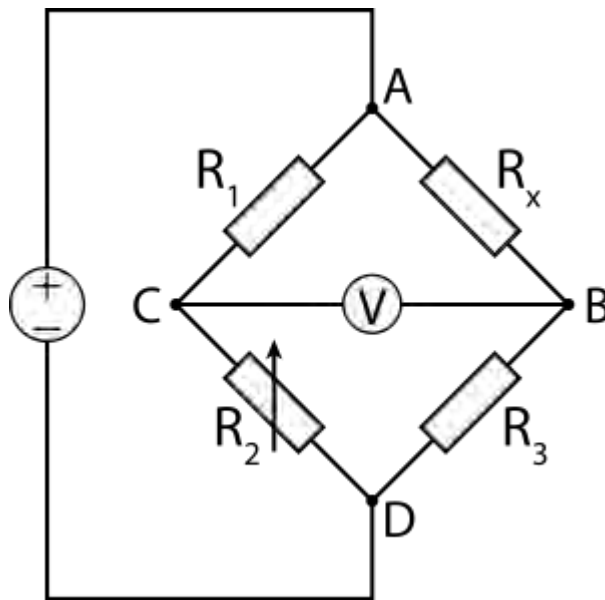


Рисунок 2.2.1.2 – Мостова схема Уїтстона для тензодатчиків

Коли на комірку немає навантаження, дві сигнальні лінії мають однакову напругу. У міру навантаження на комірку напруга на одній сигнальній лінії збільшується дуже незначно, а напруга на іншій сигнальній лінії дуже незначно знижується. Різниця напруги між двома сигналами зчитується індикатором.

Запис цих показників у мВ/В часто є найточнішим методом вимірювання. Причина, по якій цей метод є найточнішим, полягає в тому, що багато вимірювальних приладів на ринку можуть обробляти коефіцієнтметричні вимірювання. Вони можуть виміряти вхідний сигнал у мВ і розділити це вимірювання на фактичну напругу, що подається.

Наприклад, ми могли б мати вимірювання мВ 40,1235 мВ і вимірювання збудження 9,9998 В. При відображенні в мВ/В; один мав би 4,01243 мВ/В. Багато лічильників, які не обробляють коефіцієнтметричні вимірювання; вони мають деякі внутрішні підрахунки, які програмуються під час калібрування. Ці лічильники все ще зчитують зміну опору; вони потребують програмування або введення точок, які відповідають значенням сили.

Так як у обраного датчика чотирьохжильний кабель, тож підключення буде найпоширенішим, що представлено на рис. 2.2.1.3.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

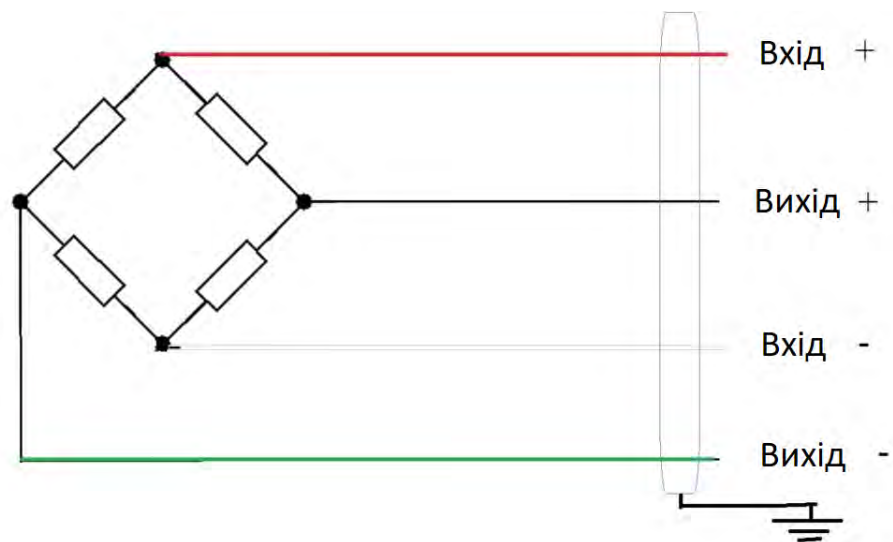


Рисунок 2.2.1.3 – Схема підключення тензодатчика

Тензодатчик навантаження підключається до вагового контролера (рис.2.2.1.4).



Рисунок 2.2.1.4 – Ваговий контролер

Основні функції контролера:

- Перетворення тензо-сигналу на цифровий код;
- Формування дискретних сигналів з управління дозуванням;
- Відображення інформації;
- Підрахунок числа схилів і сумарної ваги;
- Передача даних RS485.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Програмування системи тензодатчиків за допомогою точок діапазону

Більшість індикаторів дозволять кінцевому користувачеві охоплювати або фіксувати точки даних. Кілька індикаторів пропонують багато способів програмування точок. Більшість із них використовуватиме якесь лінійне рівняння для відображення незапрограмованих точок уздовж кривої чи лінії (рис.2.2.1.5).

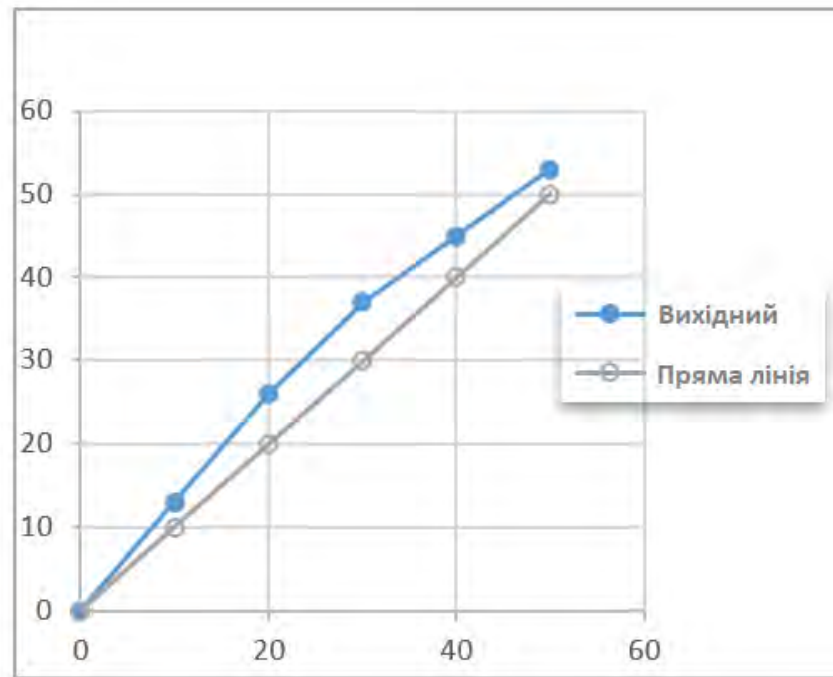


Рисунок 2.2.1.5 - Крива тензодатчика мВ/В проти прямої лінії

Як правило, можна знайти нахил лінії, який може передбачити інші точки вздовж лінії (2.2.1.1).

Загальна формула:

$$y = mx + b \quad (2.2.1.1)$$

де m – тангенс кута нахилу лінії, b — точка перетину y , тобто b — друга координата точки, де лінія перетинає вісь y .

Основна проблема цього підходу під час програмування тензодатчика полягає в тому, що лічильник і тензодатчик матимуть деякі відхилення від прямої лінії. Нелінійність визначається як алгебраїчна різниця між *потужністю* при певному навантаженні, як правило, найбільшій прикладеній силі, і відповідну

точку на прямій, проведеної між мінімальним навантаженням і максимальним навантаженням.

Існують інші фактори, такі як стабільність, теплові ефекти, відновлення повзучості та повернення, а також умови навантаження під час захоплення точок, які впливатимуть на зсув кожної точки. Програмування цих лічильників відбуватиметься за лінійним підходом. Деякі матимуть діапазон 2 точки, деякі 5 точок, а деякі навіть більше. Вони можуть спробувати провести пряму лінію через усі точки, або вони можуть спробувати відрізати кілька ліній. У всіх випадках цей метод створюватиме додаткове зміщення, оскільки система вимірювання сили завжди матиме деяку нелінійну поведінку.

На рис. 2.2.1.6 нижче наведено приклад тензодатчика Morehouse Calibration Shear Web Weapron Cell зі специфікацією нелінійності, що перевищує 0,05 % повної шкали. У цьому прикладі фактична нелінійність становить приблизно 0,031 % при використанні значень мВ/В і 0,032 % при використанні обчислених значень, що значно нижче специфікації. Однак ніколи не слід стверджувати, що пристрій має точність до 0,032%, оскільки це короткочасна точність, яка була досягнута в ідеальних умовах.

Прикладена сила, Н	Фактичне зчитування (mV/V)	Індикатор з регулюванням у 2 точки	
		Запрограмовані точки	Розраховані значення 2 точок
200	0.08279		199.6
1000	0.41415	0.41415	998.6
2000	0.82851		1997.6
3000	1.24302		2997.0
4000	1.65767		3996.8
5000	2.07242		4996.8
6000	2.48726		5997.0
7000	2.90216		6997.4
8000	3.31709		7997.8
9000	3.73203		8998.3
10000	4.14696	4.14696	9998.7

Рисунок 2.2.1.6 - Програмування індикатора з 2-точковим калібруванням діапазону

Часто кінцевий користувач бачить наведені вище результати та стверджує, що система точна до числа, наприклад 0,05 %, і вірить, що збирається її підтримувати. Однак кінцевий користувач повинен враховувати додаткові

джерела помилок, такі як стабільність/дрейф, невизначеність еталонного стандарту, який використовувався для калібрування, роздільна здатність пристрою для вимірювання сили, повторюваність і відтворюваність системи, різниця в умовах навантаження між довідковою лабораторією та те, як використовується система, умови навколишнього середовища та різницю в адаптерах. Усе це може значно підвищити загальну специфікацію точності.

Як правило, на точність впливає те, як використовується система, частота калібрування, нелінійність тензодатчика та лічильника, а також теплові характеристики. Крім того, те, чого досягає довідкова лабораторія, є короткочасним і не включає стабільність системи чи адаптерів, які часто є найбільш значними джерелами помилок.

Використання методу найменших квадратів

Багато індикаторів не дозволяють кінцевому користувачеві вводити нічого, крім точок діапазону. Вони не дозволяють використовувати метод «найкращого підходу» або метод найменших квадратів. Однак багато індикаторів мають USB, IEEE, RS232 або інші інтерфейси, які дозволять комп'ютерам зчитувати і спілкуватися з індикатором.

Коли програмне забезпечення може спілкуватися з індикатором, можна використовувати метод регресійного аналізу, який часто краще характеризує систему вимірювання сили. Цей метод регресійного аналізу починається з набору точок даних, які відображаються на графіку по осях X і Y. Термін «найменші квадрати» використовується тому, що це найменша сума квадратів помилок. Цей метод міститиме формулу, яка є трохи складнішою, ніж пряма лінія. Формула часто використовує рівняння вищого порядку, щоб мінімізувати помилку та найкраще повторити лінію.

На рис.2.2.1.7 нижче показано графік фактичних показань у мВ/В і відповідність рівнянню 3-го порядку. Замість того, щоб використовувати рівняння для прямої лінії (2.2.1.1), ми маємо дві формули для розв'язання як сили (2.2.1.2), так і опіру (2.2.1.3):

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

$$C = A_0 + A_1F + A_2F^2 + A_3F^3 \quad (2.2.1.2)$$

$$F = B_0 + B_1R + B_2R^2 + B_3R^3 \quad (2.2.1.3)$$

Де C – вихідна номінальна чутливість, F – сила, R – вхідний опір, $A_0, A_1, A_2, A_3, B_0, B_1, B_2, B_3$ – коефіцієнти.

Якщо замінити ці значення рівнянням, показаним у рядку на рисунку 2.2.1.7, яке ми розв'язуємо для F , коли знаємо R , ми використаємо $B_0 = 0,0614, B_1 = 2415, B_2 = -1,4436, B_3 = 0,17379$.

Таким чином формула виглядає як

$$F = 0.0614 + 2415R - 1.4436R^2 + 0.17379R^3 \quad (2.2.1.4)$$

A_0 або B_0 визначають точку, в якій рівняння перетинає Y -перетин, тоді як інші коефіцієнти визначають криву.

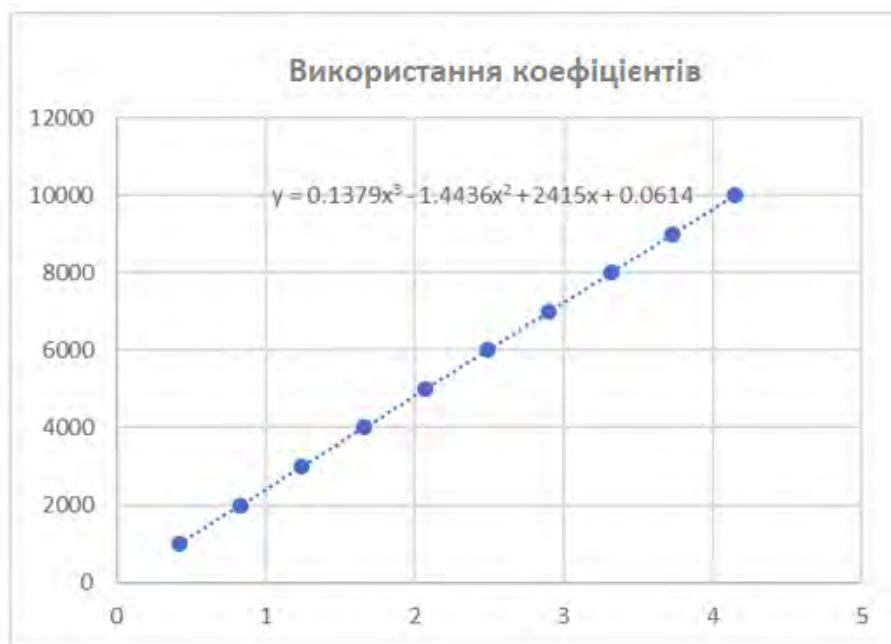


Рисунок 2.2.1.7 - Графік підгонки за методом найменших квадратів 3-го порядку

Коли рівняння на рис.2.2.1.7 використовується для фактичних показань, значення, розраховані за допомогою коефіцієнтів, дуже близькі до значень прикладеної сили. Зміщення або похибка вимірювання становить близько 0,1. Я

вважаю, що 0,1 Н менша за помилку 3,2 Н, як показано за допомогою калібрування діапазону 2 точки на рис.2.2.1.8.

Прикладена сила, Н	Фактичне зчитування (mV/V)	Використання перетворення коефіцієнтів	
		Розраховані значення полінома	Помилка
200	0.08279	199.9	0,1
1000	0.41415	999.9	0,1
2000	0.82851	1999.9	0,1
3000	1.24302	2999.9	0,1
4000	1.65767	3999.9	0,1
5000	2.07242	4999.9	0,1
6000	2.48726	5999.9	0,1
7000	2.90216	6999.9	0,1
8000	3.31709	7999.9	0,1
9000	3.73203	8999.9	0,1
10000	4.14696	9999.9	0,1

Рисунок 2.2.1.8 - Зсув або помилка вимірювання під час використання коефіцієнтів

Загальна різниця в похибках між цими двома методами досить велика. Рисунок 2.2.1.9 нижче найкраще узагальнює ці помилки. Один процес створює майже точну відповідність, яка становить 0,001 % від повної шкали, а інший – 0,032 % від повної шкали. Найгірша точка на 4000 Н має різницю в 3,06 Н або 2413 %. Процес використання коефіцієнтів часто потребує додаткового програмного забезпечення та комп'ютера. Коригування 2 точок не буде.

Прикладена сила, Н	Фактичне зчитування (mV/V)	Індикатор з регулюванням у 2 точки			Використання перетворення коефіцієнтів		Різниця в помилках	%
		Запрограмовані точки	Розраховані значення 2 точок	Помилка	Розраховані значення полінома	Помилка		
200	0.08279		199.9	0,4	199.9	0,1	0,25	189
1000	0.41415	0.41415	999.6	1,40	999.9	0,1	-0,11	116
2000	0.82851		1997.6	2,4	1999.9	0,1	2,26	1846
3000	1.24302		2997.0	3	2999.9	0,1	2,82	2109
4000	1.65767		3996.8	3,2	3999.9	0,1	3,06	2413
5000	2.07242		4996.8	3,2	4999.9	0,1	3,05	2180
6000	2.48726		5997.0	3	5999.9	0,1	2,83	2060
7000	2.90216		6997.4	2,6	6999.9	0,1	2,47	1856
8000	3.31709		7997.8	2,2	7999.9	0,1	2,02	1446
9000	3.73203		8998.3	1,7	8999.9	0,1	1,56	1055
10000	4.14696	4.14696	9998.7	1,3	9999.9	0,1	1,12	776

Рисунок 2.2.1.9 - Різниця між 2-точковим діапазоном і коефіцієнтами на тому самому датчику навантаження

2.1.2. Інклінометр

Зміщення нормалі до свердловини вимірюють інклінометрами (інклінометрами) або фіксованими ланцюгами для вимірювання поперечних зсувів (дефлектометрами). Для проведення інклінометричних вимірів отвори

розширюються рифленими трубками. Кільцевий зазор між трубою та стінкою свердловини заповнюється цементним розчином або гравієм. Інклінометр, що опускається у свердловину по мірній вимірювальній лінії, складається з корпусу зонда довжиною 0,5 або 1 м, в якому в двох взаємно перпендикулярних площинах встановлені маятники. На обох кінцях зонда розташовані пружні гойдалки, кожна з двома ходовими колесами, доріжка яких точно входить у пази НКТ. Якщо в процесі вимірювання свердловина проходить через півметра або метр, ходові канавки гарантують, що вимірювальне положення інклінометра буде однаковим для кожного вимірювання. Принцип вимірювання маятника показано на рис. 2.2.2.1. [12]

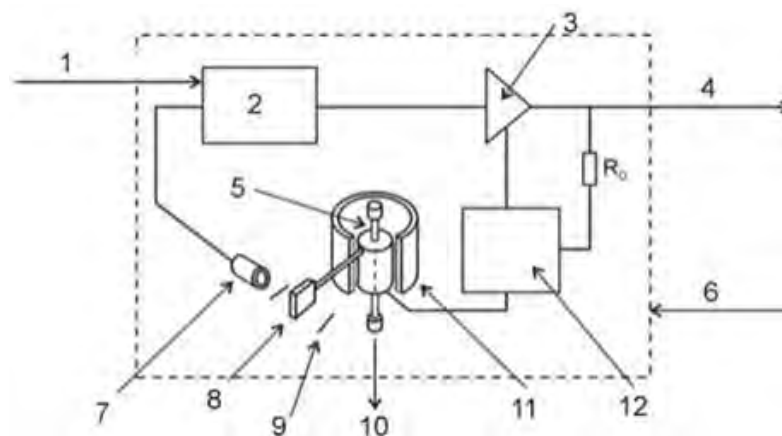


Рисунок 2.2.2.1 – Принципова схема маятникового інклінометра з оптичним датчиком положення

1 – напруга живлення; 2 – електронний модуль; 3 – сервопідсилювач; 4 – вихідний сигнал; 5 – стяжний ремінь; 6 – герметичний корпус; 7 – датчик положення; 8 – маятник; 9 – зупинка; 10 – вертикальна вісь; 11 – система з рухомою котушкою; 12 – мережа згасання.

Якщо порода зрушить між двома вимірюваннями, нахил обсадної труби зміниться. Ця зміна викликає інший кут нахилу між маятником (вертикальним) та вимірювальною віссю. Вимірне значення відображається аналогічно як синус кута нахилу або як зміщення у міліметрах. Для оцінки окремі вимірні значення вишиковуються у вигляді багатокутника. При ретельному вимірі точність виміру становить $\pm 2 \times 10^{-4}$ кроки виміру ($\pm 0,2$ мм/1 м). Трубки інклінометра можуть

бути встановлені в свердловині разом з екстензометрами, щоб можна було вимірювати зсуви, паралельні і поперечні осі свердловини.

Інклінометр типу Glötzl NMG є вимірювальним зондом для ручного вимірювання кутів нахилу в напрямній трубі. Ці виміри надають інформацію про рух насипів, тобто. Б. греблі, греблі транспортних шляхів, засипки за підірними стінками, про переміщення в осипних масах, в пухких і міцних породах. [12]

Перетворювач працює всередині напрямної труби, яка встановлюється у свердловинах чи насипах. Це дозволяє вимірювати зміни нахилу будівель або руху шарів. Специфікація наведена у табл. 2.2.2.1.

Таблиця 2.2.2.1. Технічні характеристики системи цифрового інклінометра. [11]

Діапазони виміру	від $\pm 1^\circ$ до $\pm 90^\circ$
Повний діапазон (F.R.)	від 2° до 180°
Точність	від $\pm 0,005^\circ$ до $\pm 0,05^\circ$
Роздільна здатність	$\pm 0,001^\circ$
Температурна залежність шкали	від 50 до 100 ppm/ $^\circ\text{C}$
Температурна залежність нуля	не більше $\pm 0,002^\circ/\text{C}^\circ$
Температурна довкілля	від -40 до 85°C
Цифровий інтерфейс	RS232, RS422, RS485, TTL, CAN PWM, MODBUS;
Аналоговий вихід	0...20mA, 4...20mA, 0...5V, 0,5...4,5V, 0...10V, $\pm 5\text{V}$, $\pm 10\text{V}$
Захист корпусу	IP67
Напруга живлення	від 9 до 36 (стаб.)
Споживання	не більше 50 mA

Датчик НМГ

Корпус зонда виготовлений із стійкого до іржі та кислоти матеріалу. Він оснащений двома пружними коромислами, кожне з двома колесами, для спрямування вимірювальної труби.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залежно від версії, він оснащений одним або двома інклінометрами, зміщеними на 90°.

Датчик прискорення, що реагує на прискорення під дією сили тяжіння, є датчиком кута. Тут ± 1 г відповідає куту $\pm 90^\circ$. Оскільки вихідна напруга відповідає куту синусоїдально, для великих кутів потрібна корекція.

Вимірювальний прилад ВМГ 14-1

Багаторазове вимірювальний пристрій використовується для вимірювання майже всіх окремих датчиків, зазвичай доступних на ринку, але також може використовуватися для лінійних методів вимірювання (наприклад, інклінометри). Він має зарядний пристрій і нікель-кадмієві акумулятори, що перезаряджаються, не обслуговуються, тому може працювати незалежно від мережі і заряджатися як від мережі 230 В, так і від автомобільного акумулятора (12 В). Пристрій можна запрограмувати за допомогою клавіатури або через інтерфейс V24. Всі дані вимірювань зберігаються і можуть бути зчитані через послідовний інтерфейс.

Для процесу вимірювання лінії доступні програми змінної послідовності, які прості у використанні користувача, за допомогою яких можна визначити довжину кроку вимірювання, загальну довжину вимірювання і тип вимірювання.

Пристрій також можна використовувати як тимчасову систему збору даних (реєстратора даних). Програма часу автоматично викликає дані через підключений мультиплексор та зберігає їх у заданому файлі (рис.2.2.2.2).

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49



Рисунок 2.2.2.2 - Передня панель та розкладка клавіатури

(1) дисплей

Роздільна здатність (240 x 160) пікселів, коефіцієнт заповнення 92% з піксельною сіткою 0,35 мм, ефективна площа дисплея (88 x 60) мм², оптимальний напрямок огляду 10° знизу, антиоблікове оглядове вікно, монохромний, нормальний дисплей фонове освітлення люмінесцентна лампа з холодним катодом (КЛЛ), типова яскравість 120 кд/м², автоматичне регулювання яскравості та контрастності, ручне регулювання кривої яскравості

(2) клавіатура

18 клавіш введення, одна клавіша включення та одна клавіша вимикання, мембранна клавіатура з піднятими областями клавіш, висота близько 2,5 мм

При виконанні інклінометричних вимірів серія вимірів автоматично зберігається вимірювальним пристроєм.

Зазвичай завжди проводять дві серії вимірів в одному напрямку виміру, які ми називаємо нормальними та реверсивними вимірами. Щоб можна було розрізнити ці серії вимірювань, на датчику інклінометра вигравірувано маркування A+. При звичайному вимірі це маркування поєднується з напрямком

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

A+, раніше визначеним у польових умовах. При реверсивному вимірі зонд вимірювання повертається на 180°. Це має призвести до результату виміру тієї самої величини, але протилежного знака. З одного боку, ця процедура дозволяє обчислити середню помилку кожного окремого кроку виміру і, при необхідності, провести вимір, що коригує, якщо середня помилка перевищує певний розмір. Б. датчик - виключається, середнє значення формується із двох вимірних значень із протилежними знаками.

Більшість інклінометричних вимірів починають на дні свердловини, оскільки передбачається, що свердловина досягає такої глибини в надрах, що на дні свердловини немає зрушень. Якщо це не так, процес вимірювання можна почати з верхньої кромки свердловини. Однак абсолютну величину зміщення можна визначити лише у тому випадку, якщо початкова точка буріння вимірюється геодезично. Залежно від довжини зонда вимір проводиться з кроком 0,5 м або 1,0 м і відображається графічно у вигляді багатокутника по глибині свердловини та порівнюється з попередньою серією вимірювань. Інший варіант відображення показує зміну кута нахилу у часі на вибраній глибині свердловини (див. наступні екрани).

Для оцінки вимірювань інклінометра пропонується програму розрахунку INCAL, яку можна запустити на будь-якому IBM-сумісному ПК (додаток А-Б). [12]

Схему підключення можна побачити на рис. 2.2.2.3.

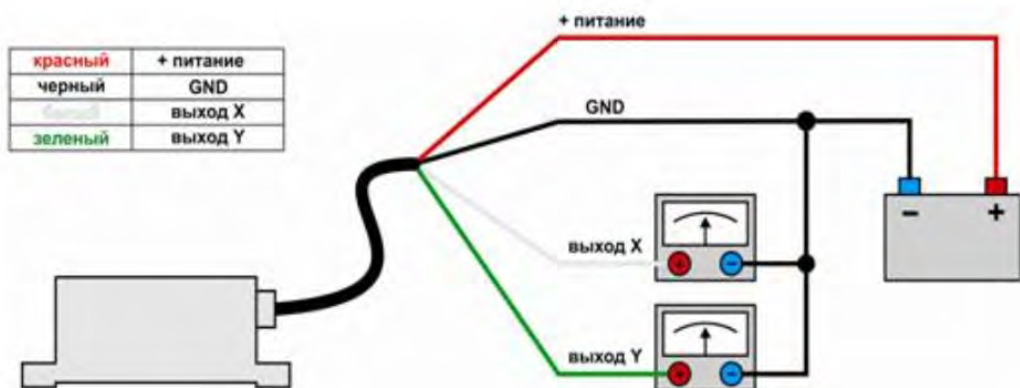


Рисунок 2.2.2.3 – Схема підключення з аналоговим виходом

2.1.3. Вимірювальний штифт

Штифти для вимірювання навантаження призначені для багатьох різноманітних застосувань як безпосередня заміна штифтів зі скобою або шарніром. Вони мають багато переваг перед іншими датчиками навантаження, оскільки зазвичай не потребують жодних змін у механічній конструкції, що контролюється. Навантажувальні штифти, як правило, використовуються в мотузках, ланцюгах і гальмівних анкерах, шкивах, скобах, опорних блоках і опорах.

Штифт для вимірювання навантаження визначає силу, що прикладається до нього, за допомогою тензодатчиків, встановлених у невеликому отворі в центрі штифта (рис.2.2.3.1). Дві канавки виточені на зовнішньому колі штифта, щоб визначити площини зсуву, які розташовані між силами, що вимірюються.

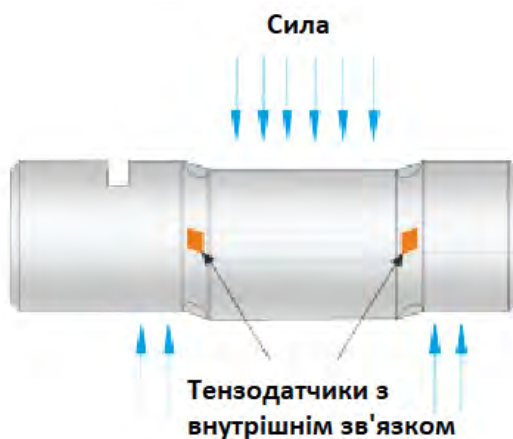


Рисунок 2.2.3.1 – Принцип роботи штифта

Технічні характеристики представлені у табл. 2.2.3.1.

Таблиця 2.2.3.1. Типові технічні дані

ТОЧНІСТЬ	
Відносне відхилення лінійності	від $\pm 0,2\%$ до $\pm 1,5\%$
Відносна відтворюваність	$\pm 0,1\%$

Продовження таблиці 2.2.3.1

ТЕМПЕРАТУРА	
Компенсований температурний діапазон	до +70°C
Діапазон робочих температур	до +70°C
Характеристичне значення впливу ТК _C	±0,1 %/ К
Нульовий вплив сигналу ТК ₀	±0,1 % FS/ К
ЕЛЕКТРИКА	
Характеристика C _{nom}	1,5 мВ/В
Відносне нульове відхилення сигналу d _{s,0}	±1%
Опір моста	350; 1000; 5000 Ом
Напруга живлення	15 VDC MAX
Опір ізоляції	500 В постійного струму при 500 МОм
МЕХАНІКА	
Ступінь захисту згідно EN 60529	IP67
Калібрування	Тиск
Граничне зусилля FL	±150%
Міцність на розрив FB	±300%
Матеріал	нержавіюча сталь/ термооброблена сталь

Вплив факторів навколишнього середовища

Оскільки контрольована зона навантажувального штифта повністю міститься в невеликому центральному отворі, датчик навантажувального штиря за своєю суттю є водонепроникним. Виготовлений зі спеціальної нержавіючої сталі, оснащений привареними або ущільненими торцевими кришками з ущільнювальними кільцями та приділено особливу увагу ущільненню сигнального кабелю, що гарантує дуже високу надійність роботи навіть для вантажних штифтів, що працюють під водою.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Типові місця розташування

Якщо штифт існує в межах певної траєкторії навантаження або його можна встановити, щоб відчувати силу, тоді можна встановити штифт навантаження LCM для контролю цього навантаження. На ескізах нижче (рис.2.2.3.2) показано типові розташування вантажних штифтів.

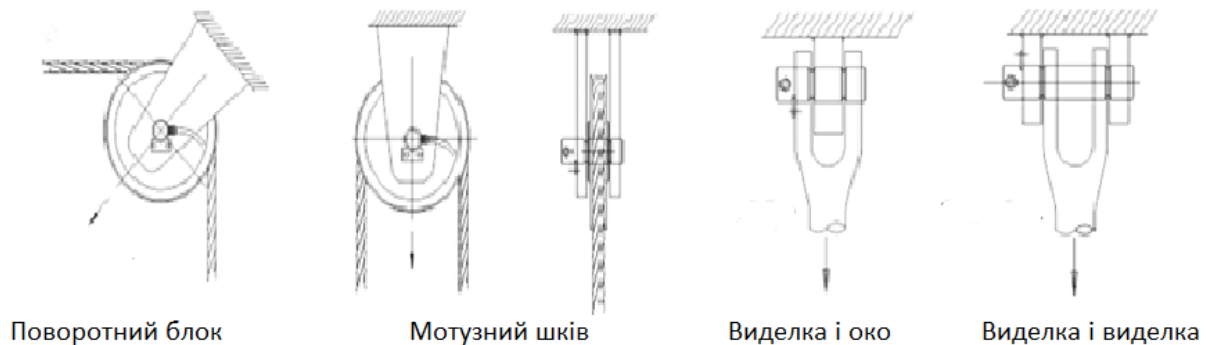


Рисунок 2.2.3.2 – Типи розташування штифтів

Системи блокування штифтів

Штифт для вимірювання навантаження має бути надійно зафіксований у положенні, щоб зафіксувати його орієнтацію щодо зв'язаного вузла. Це потрібно виправити як в осьовому режимі, так і в режимі обертання, щоб забезпечити отримання точних і повторюваних результатів від системи (рис.2.2.3.3).

Стандартний навантажувальний штифт призначений для визначення сили лише в одному напрямку. Сила під прямим кутом до цієї сили вироблятиме нульовий вихід датчика.



Рисунок 2.2.3.3 – Різні види штифта

					МД ПМ-7119.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Розташування кабелів і роз'ємів

Зазвичай сигнальний кабель може виходити з навантажувального штифта відповідно до вимог встановлення та простору (рис.2.2.3.4). Слід звернути увагу на захист кабельної системи від випадкового пошкодження під час монтажу та експлуатації. За потреби на навантажувальному штирі можна включити розрив вилки та розетки. Додатковий захист може бути забезпечений стандартним поліуретановим кабелем у формі гідравлічного шланга. Це забезпечує чудовий захист з перевагою пов'язаних фітингів, які є легкодоступними.

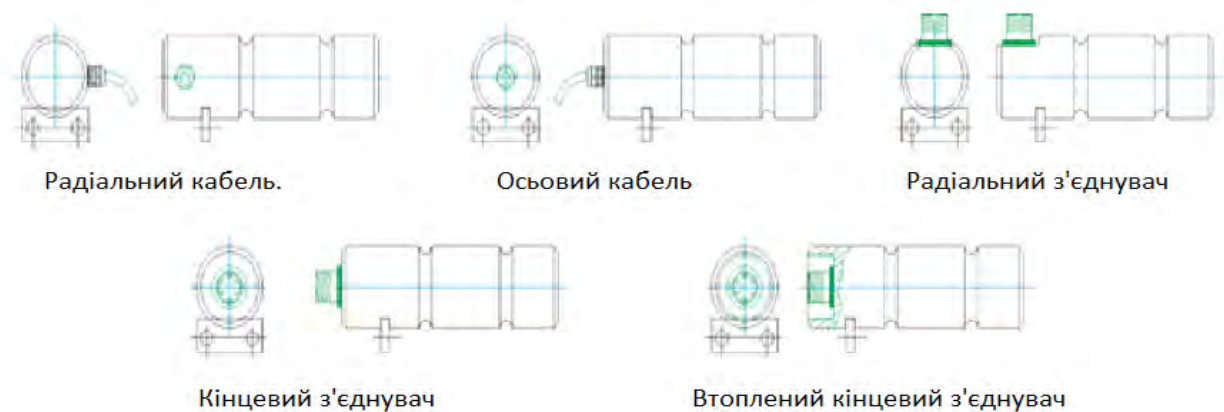


Рисунок 2.2.3.4 – Види кабелів

Стандартні та індивідуальні розміри штифтів навантаження

У наступній таблиці (рис.2.2.3.5) наведено діапазон стандартних цапф LCM у діапазоні від 2,5 до 50 тонн. Однак більшість штифтів не відповідають цим точним розмірам і тому розробляються спеціально для конкретного місця та застосування. Немає додаткових витрат на дизайн спеціальної шпильки.

Rating (tonne)	Part No.	ØD	L1	L2	L3	Weight (kg)
0.5	LMP-20-36	20	70	36	24	0.9
1	LMP-20-49	20	80	49	35	1
2.5t	LMP-25-70	25	100	70	45	1.2
3.5	LMP-30-75	30	105	75	50	1.4
6.5	LMP-40-95	40	125	95	63	2
15	LMP-50-114	50	150	114	75	3.1
25	LMP-63-152	63	195	152	89	5.6
50	LMP-75-175	75	225	178	102	8.6
100	LMP-88-190	88	230	190	110	11.8
200	LMP-125-220	125	300	220	130	29.8
250	LMP-125-220	125	300	220	130	29.8
500	LMP-170-370	170	440	370	225	79.2
750	LMP-200-500	200	590	500	295	146
1000	LMP-250-612	250	712	612	360	275
1500	LMP-275-731	275	832	731	430	389

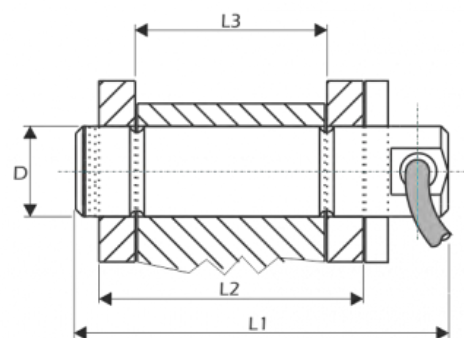


Рисунок 2.2.3.5 – Таблиця діапазону стандартних цапф та ескіз штифту

Номінальне навантаження

Спеціальна високоміцна сталь використовується для виготовлення всіх навантажувальних штифтів LCM для оптимізації несучої здатності будь-якої конструкції штифта. Однак завжди існує компроміс між вихідним сигналом і кінцевою міцністю будь-якої конструкції штифта навантаження. Для навантажувального штифта при подвійному зрізі на графіку (рис.2.2.3.6) вказано оптимальне значення навантаження для заданих діаметрів штифта.

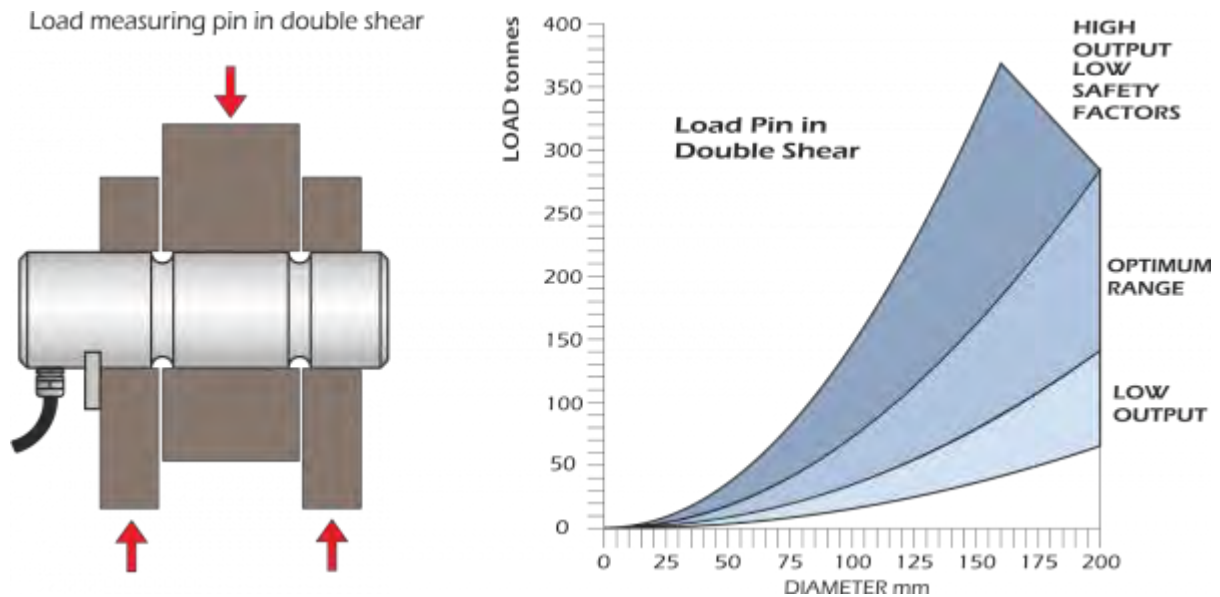


Рисунок 2.2.3.6 – Схематичне позначення навантаження на штифт і графік оптимального значення цього навантаження

Якщо штифт проектується у вузол без обмежень розміру для даного номінального навантаження, тоді проект має бути спрямований на оптимальну криву, як показано. Однак багато штифтів призначені для модернізації існуючих конструкцій і не завжди потрапляють в ідеальний діапазон.

Верхня сторона графіка вказує на навантажувальний штифт, який дасть вихідний сигнал від 2,5 до 3,5 мВ/В для даного навантаження, але з деяким ступенем компромісу щодо кінцевого коефіцієнта безпеки цього штифта.

Нижній кінець графіка вироблятиме штифт навантаження, який має або низький вихід при номінальному навантаженні, або має бути оброблений із зайвими нарізами для створення достатнього сигналу.

Жорстка опорна конструкція необхідна для мінімізації згинальних зусиль, які прикладаються до штифта. Штифт працює, відчуваючи зсув, і будь-які напруги згину всередині штифта погіршать його загальну точність. Підгонка штифта до відповідних отворів є важливою для загальної роботи штифта. Для штифта «оптимального» діапазону зазвичай рекомендується підгонка H7, g6, однак це не завжди досяжно в польових умовах, і деяка незначна втрата повторюваності та лінійності зазвичай допускається за рахунок вимоги «легкої установки».

Під час розробки нового штифта завжди враховуються навантаження на підшипники та загальні пропорції штифта. Ми завжди докладатимемо зусиль для оптимізації роботи будь-якого штифта (в його службовій структурі), враховуючи накладені на нього обмеження. Ключовим фактором у продуктивності будь-якого навантажувального штифта є те, що якщо немає змін у геометрії штифта, структурі навантаження чи умовах навантаження в усьому діапазоні штифта (0-100%), тоді можна досягти високої продуктивності. очікуваний. Навіть мінімальний вигин конструкції, зміни опорних ділянок або вигин навантажувального штифта (якщо велике навантаження) вплинуть на продуктивність, однак повторюваність навряд чи вплине.

Калібрування

Навантажувальні штифти зазвичай калібруються на половину або повні блоки в машині для випробувань на стиск. Коли навантажувальний штифт постачається як чутливий елемент скоби, ми, як правило, калібруємо весь вузол скоби за натягом.

Непряме прикладене навантаження

Навантажувальний штифт може бути встановлений у системі шкива для контролю результуючої сили, прикладеної до цього шкива. Навантаження, прикладене до дроту, і кут обгортання дроту зі шківом визначають результуючу силу. На наступному графіку (рис.2.2.3.7) показано залежність навантаження на штифт від натягу дроту.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

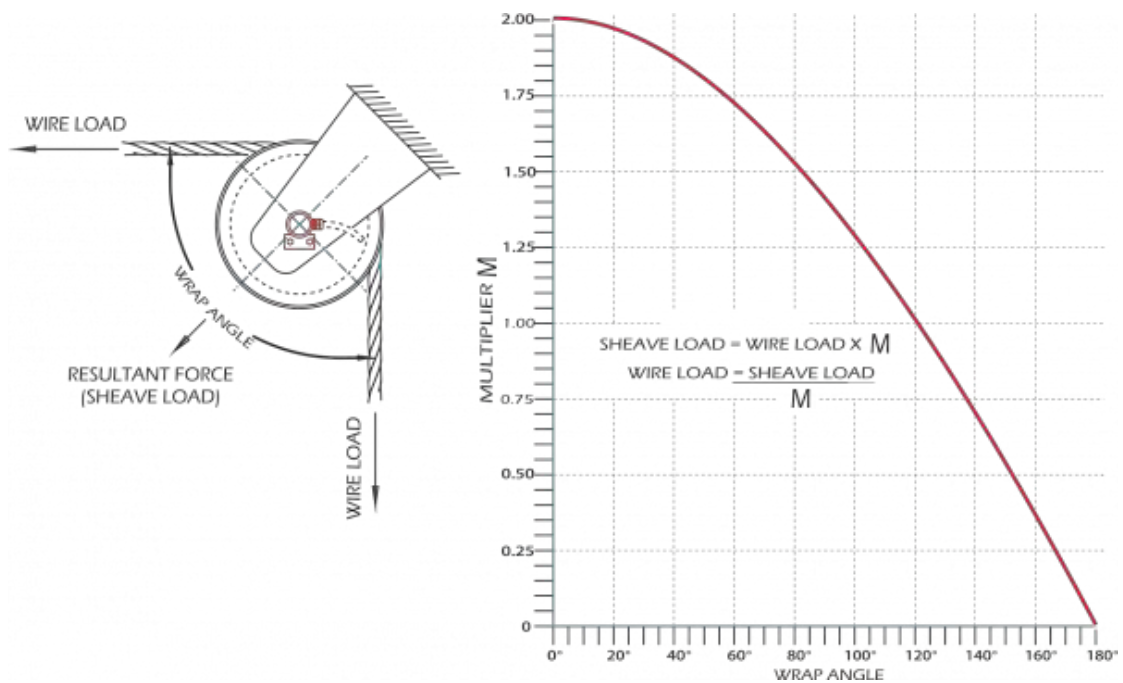


Рисунок 2.2.3.7 – Схематичне позначення і графік залежність навантаження на штифт від натягу дроту

Змінний кут сили

Якщо кут сили, прикладений до стандартного навантажувального штифта, змінюється під час експлуатації через зміни кута загортання або через якийсь інший зовнішній фактор, тоді буде втрата продуктивності цього штифта, як показано на графіку (рис.2.2.3.8). Слід зазначити, що до +/-8 градусів варіації навантаження можна вмістити до того, як буде зафіксовано втрату вихідного сигналу на 1%.

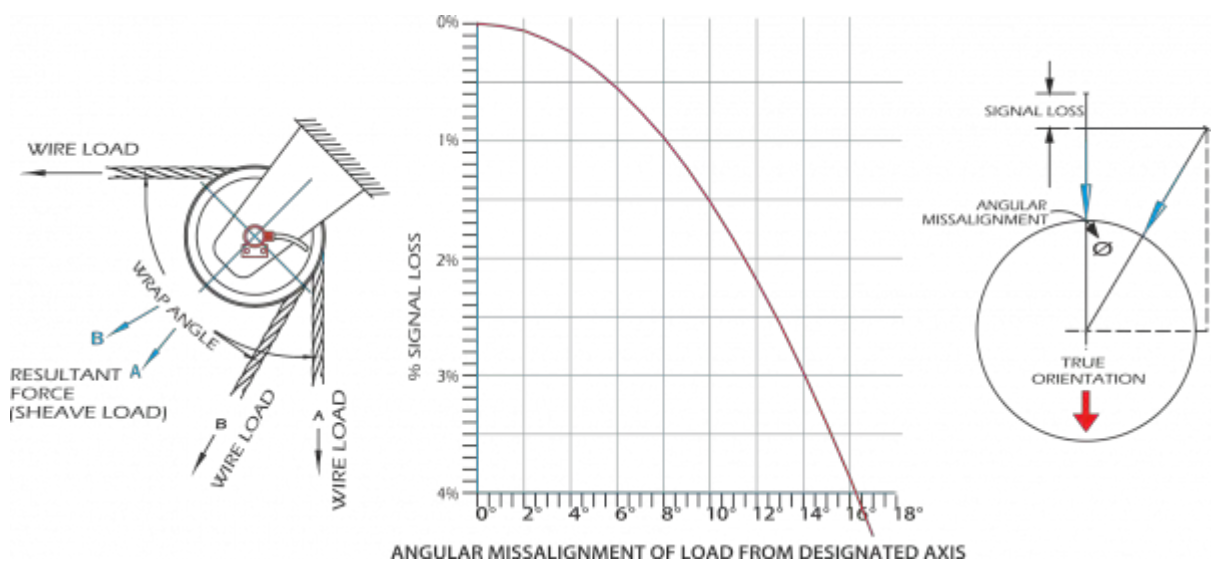


Рисунок 2.2.3.8 – Схематичне позначення і графік втрати продуктивності штифта

Штифт навантаження X/Y

Там, де буде зустрічатися великий ступінь кутової варіації, зазвичай можна запропонувати штифт навантаження X/Y. Це забезпечить два виходи, як описано на наступному графіку (рис.2.2.3.9), які можна читати одночасно, щоб обчислити справжню результуючу силу, прикладену до цього штифта. Напрямок сили, прикладеної до штифта, також можна обчислити за полярністю та величиною сигналів X і Y.

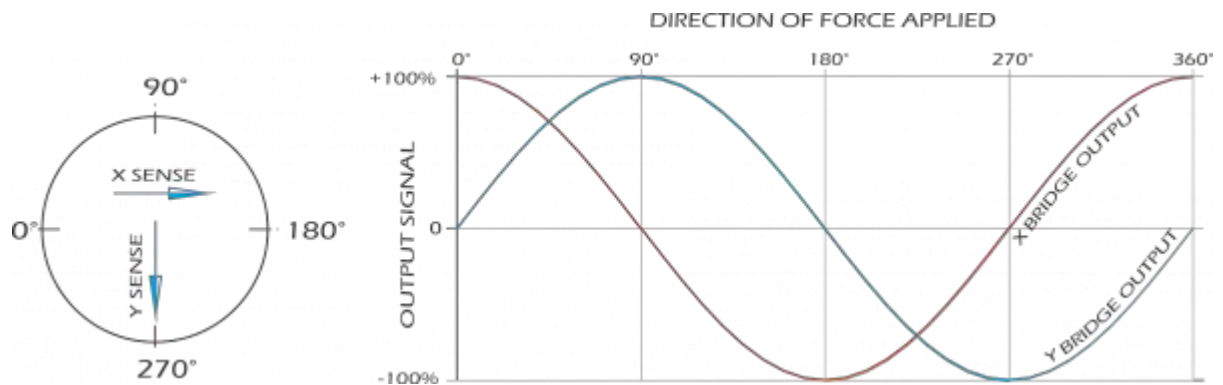


Рисунок 2.2.3.9 – Графік вихідного сигналу

Кутова орієнтація навантажувального штифта у пов'язаному з ним механічному вузлі залежатиме від кутового вікна роботи цього штифта. Це потрібно визначити, щоб оптимізувати встановлення та результати цього штифта.

Результати випробувань двоосьових вимірювальних болтів

У випробуванні з двовісним болтом вимірювання сили (діаметр 40 мм) вимірювальний болт був навантажений 100 кН. Навантаження прикладалося під різними кутами. Як видно з таблиці (рис.2.2.3.10), це призводить до сил у напрямках x та y. Результуюча сила та кут можуть бути визначені. [13]

Fx Winkel	Y-achse kN	X-achse kN	Resultierende kN	Resultierend %	Winkel °	Winkel Fehler °
0	0,0	99,3	99,3	-0,7%	0,0	0,0
10	22,5	97,1	99,6	-0,4%	13,0	-3,0
20	38,4	93,4	100,9	0,9%	22,3	-2,3
30	52,7	86,7	101,5	1,5%	31,3	-1,3
40	66,6	77,2	101,9	1,9%	40,8	-0,8
50	77,6	65,3	101,4	1,4%	50,0	0,0
60	86,6	50,9	100,4	0,4%	59,6	0,4
70	94,7	33,1	100,3	0,3%	70,7	-0,7
80	98,5	17,0	99,9	-0,1%	80,2	-0,2
90	99,4	0,0	99,4	-0,6%	90,0	0,0
100	97,9	-16,7	99,3	-0,7%	99,7	0,3
110	93,1	-36,1	99,8	-0,2%	111,2	-1,2
120	85,6	-51,5	100,0	0,0%	121,0	-1,0
130	75,2	-66,1	100,1	0,1%	131,3	-1,3
140	61,4	-78,2	99,4	-0,6%	141,9	-1,9
150	46,4	-88,6	100,0	0,0%	152,4	-2,4
160	32,0	-95,7	100,9	0,9%	161,5	-1,5
170	17,4	-98,1	99,6	-0,4%	169,9	0,1
180	-2,7	-100,7	100,8	0,8%	181,6	-1,6
180	-0,7	-100,8	100,8	0,8%	180,4	-0,4
190	-25,3	-95,5	98,8	-1,2%	194,8	-4,8
200	-37,4	-91,8	99,1	-0,9%	202,2	-2,2
210	-52,2	-85,6	100,3	0,3%	211,4	-1,4
220	-67,2	-74,4	100,3	0,3%	222,1	-2,1
230	-80,7	-61,5	101,4	1,4%	232,7	-2,7
240	-90,1	-46,6	101,4	1,4%	242,6	-2,6
250	-95,9	-31,2	100,8	0,8%	252,0	-2,0
260	-99,8	-14,5	100,9	0,9%	261,7	-1,7
270	-100,6	2,4	100,7	0,7%	271,4	-1,4
280	-98,8	19,5	100,7	0,7%	281,2	-1,2
290	-94,3	36,8	101,3	1,3%	291,3	-1,3
300	-87,4	52,8	102,1	2,1%	301,2	-1,2
310	-75,4	67,0	100,8	0,8%	311,6	-1,6
320	-62,0	77,7	99,4	-0,6%	321,4	-1,4
330	-47,1	88,3	100,1	0,1%	331,9	-1,9
340	-35,1	93,9	100,2	0,2%	339,5	0,5
350	-16,0	98,1	99,4	-0,6%	350,7	-0,7

Рисунок 2.2.3.10 – Таблиця результатів [13]

Надзвичайні заходи щодо руйнування котловану

Загалом не можна повністю виключити пошкодження сусідніх будівель та існуючих комунікацій та каналів під час проведення спеціальних будівельних заходів, земляних та водовідливних заходів внаслідок непереборних деформацій у надрах. Заходи зі знесення, зокрема знесення існуючої залізобетонної фундаментної плити завтовшки до кількох метрів, також становлять небезпеку виникнення вібрацій, а через рельєф ґрунту, пов'язаний із земляними роботами, існує небезпека пучення надра та територія навколо котловану. Вібрації мають бути зареєстровані за допомогою програми вимірювання, адаптованої до зносу.

У разі несподівано великих деформацій – горизонтальних зсувів, осадів чи підйомів необхідно вжити заздалегідь визначених аварійних заходів. У разі виникнення пошкоджень робота повинна бути негайно зупинена до з'ясування та усунення причини та, за необхідності, мають бути вжиті заходи безпеки.

Деформації / анкерні та підсилювальні сили.

Зведення стіни із січних буронабивних паль для закріплення будівельного котловану відбувається у захисті кожуха. Тільки через видобуток не можна припустити жодних вимірних деформацій навколишнього ґрунту. Деформації в районі котловану очікуються лише за подальшого підземного знесення та земляних робіт.

Горизонтальні зсуви приблизно від 5 мм до 20 мм слід очікувати для посилених буронабивних пальових стінок, що січуться. Через цю горизонтальну деформацію кріплення в ґрунті за стіною відбуваються невеликі опади.

У зв'язку з цим було визначено терміни аварійний сигнал, втручання та граничні значення. Визначено три рівні порогових значень у порядку зростання деформації:

1. Аварійне значення
2. Значення втручання
3. Граничне значення

Граничне значення еквівалентно розрахунковому значенню зі статички або, при врахуванні деформацій, межі придатності до експлуатації, тобто при перевищенні граничного значення слід побоюватися пошкодження відповідної конструкції (тріщини тощо). Тому важливо запобігти перевищенню граничного значення, прийнявши відповідні контрзаходи.

Контрзаходи повинні бути ініційовані задовго до того, як буде досягнуто граничного значення, щоб їх можна було здійснити. Тому було визначено значення втручання нижче за граничне значення. Як і очікувалося, при досягненні значення втручання структурні пошкодження будівлі не виникають, так що в цей

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>61</i>

момент ні стійкість, ні експлуатаційна придатність не наражаються на небезпеку. Значення втручання служить визначення моменту часу, починаючи з якого мають бути вжиті заходи, щоб мати можливість ефективно запобігати перевищенню граничного значення (розрахункове значення стійкості чи придатності до експлуатації).

Щоб заходи можна було здійснити якнайшвидше, їх необхідно планувати завчасно та докладно в залежності від ходу будівництва. Це необхідно зробити при досягненні так званого аварійного значення.

Нижче порогового значення деформації, а також сили анкерування та жорсткості знаходяться у некритичному діапазоні.

Наступні аварійні сигнали та граничні значення рекомендуються для сусідніх будівель:

- Аварійне значення для вертикальних деформацій сусідніх будівель: 10 мм
- Значення втручання для вертикальних деформацій сусідніх будівель: 12 мм
- Гранична вертикальна деформація сусідніх будівель: 15 мм

Для горизонтальних деформацій в оголовку підірної стінки буронабивної палі рекомендуються наступні значення критичних деформацій:

- Аварійне значення для горизонтальних деформацій у верхній частині підірної стіни: 15 мм
- Значення втручання для горизонтальних деформацій у верхній частині підірної стіни: 20 мм
- Граничне значення горизонтальних деформацій у верхній частині підірної стіни: 25 мм

Для горизонтальних деформацій у прольоті підірної стінки буронабивної палі рекомендуються наступні значення критичних деформацій:

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

- Аварійне значення для горизонтальних деформацій у верхній частині підпірної стіни: 20 мм
- Значення втручання для горизонтальних деформацій у верхній частині підпірної стіни: 25 мм
- Граничне значення горизонтальних деформацій у головці підпірної стіни: 30 мм

Вимірювання деформацій для спостереження за будівельними роботами доповнюються вимірами сили на 6 анкерах та 3 елементах жорсткості. Використовувати такі оціночні значення для вимірювання зусилля анкера:

- Очікуване/аварійне значення сили анкера/стійки: A_k (характеристична сила анкера/стійки)
- Значення втручання для сили анкера/стійки: від 1,1 до $1,2 * A_k$
- Граничне значення сили анкера/стійки: A_d (розрахункове значення сили анкера/стійки)

Якщо в ході робіт стає очевидним, що виміряні значення перевищують встановлені значення сигналів тривоги та втручання, необхідно вжити наступних заходів залежно від перебігу будівництва:

Заходи, які слід зробити, коли деформації/сили досягають аварійного значення:

- При досягненні аварійного значення деформації спеціалістом із будівельного нагляду проводиться перевірка з'єднань.
- Визначення можливих контрзаходів залежно від перебігу будівництва та деформацій.
- Інтервали контрольних вимірів скорочені.

Можливі заходи для досягнення порогового значення деформацій/сил:

- При досягненні інтервенційного значення деформацій ситуацію оцінює фахівець із будівельного нагляду.
- За необхідності припинення будівельної діяльності.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

- Зворотне засипання берм перед повітряною стороною підпірної стінки.
- Порядкове виїмка та смугове укладання армованого засипного шару.
- Встановлення додаткового шару жорсткості чи додаткових анкерів.
- Повинні бути заплановані і, при необхідності, вжиті контрзаходи, такі як підйомні ін'єкції.
- Інтервали вимірювання моніторингу додатково стискаються.

Якщо зазначених заходів недостатньо для контролю деформацій, можна замовити повне зворотне засипання котловану.

Сигнали тривоги, втручання та граничні значення, а також заходи, які необхідно вжити при досягненні цих значень, узагальнені у плані сигналів тривоги та дій на схемі нижче (рис.2.3.1).



Рисунок 2.3.1 – Схема плану дій при досягненні аварійного значення деформації

Автоматизована система записування даних

Усі тензодатчики повинні бути підключені до реєстратора даних для запису даних, який повинен бути закріплений у безпечному місці під час будівництва котловану та який має бути оснащений джерелом живлення та акумулятором для аварійного режиму роботи.

Інклінометри встановлюються всередині або за підпірною стінкою до нижнього краю армованих паль. Для цього при розміщенні в підпірній стіні перед бетонуванням буронабивних паль до арматурного каркаса кріплять порожні труби, які після виготовлення буронабивних паль і до початку земляних робіт встановлюють труби інклінометра. На рис. 2.4.1 показана схема установки інклінометра у стінці буронабивної палі. При розміщенні інклінометра за стінкою буронабивної палі інклінометр виготовляється окремо в окремій свердловині.

Тензодатчик навантаження встановлюється на розпірках (див. рис. 2.4.1), між стійками так, щоб на нього тиснуло навантаження з обох боків.

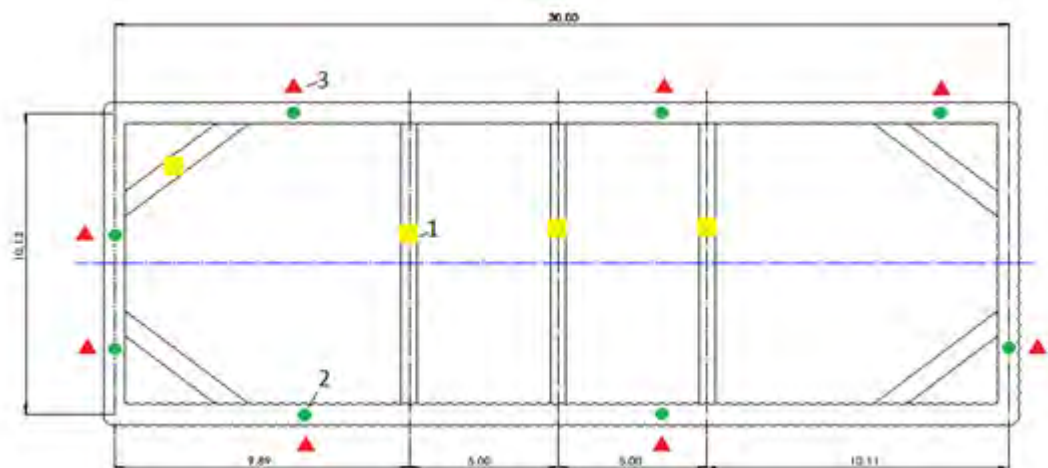


Рисунок 2.4.1 – Схематичне позначення датчиків на котловані

1 – тензодатчик навантаження на розпірках, 2 – інклінометр у сваях, 3 – вимірювальний штифт

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Тензодатчик необхідно захистити від прямої дії тепла та холоду (сонце, вітер, теплове випромінювання, тепловентилятор), наприклад, використовуючи запобіжний щиток або захисний корпус.

Вимірювання на трубах інклінометра проводяться у вимірювальному циклі із виміром мірних штифтів (рис.2.4.1) на опалубці та безпосередньо перед затяжкою анкерів/установкою ребер жорсткості в районі труби інклінометра. Інклінометричний вимір завжди складається з реверсивного виміру в напрямках А і В, кожен з подвійним датчиком, тобто повернутим на 180 °. Позитивний напрямок А має бути вирівняний у напрямку котловану. Крім того, висота інклінометра (геодезична точка вимірювання на оголовку палі) повинна вимірюватися геодезично для кожного вимірювання інклінометра, щоб можна було перевірити припущення про фіксовану базову точку.

Дані, які потрапляють до реєстратора даних, повинні потрапляти на ПК. Для зручності, ці дані повинні автоматично записуватись у завчасно створену таблицю Excel, як показано на рис.2.4.2.

Прикладна сила, Н	Фактичне зчитування (mV/V)
200	0,08279
1000	0,41415
2000	0,82851
3000	1,24302
4000	1,65767
5000	2,07242
6000	2,48726
7000	2,90216
8000	3,31709
9000	3,73203
10000	4,14696

Рисунок 2.4.2 – Таблиця даних з тензодатчика навантаження

Для того, щоб порівнювати розрахунки, потрібно записати їх у іншу завчасно створену таблицю (рис.2.4.3).

Розраховані значення сили
199.6
998.6
1997.6
2997.0
3996.8
4996.8
5997.0
6997.4
7997.8
8998.3
9998.7

Рисунок 2.4.3 – Таблиця з розрахунками сили

За даними з таблиці на рис. 2.4.2 програма автоматично будує графік по методу найменших квадратів, як було запропоновано в підрозділі 2.2.1 (рис. 2.4.4).

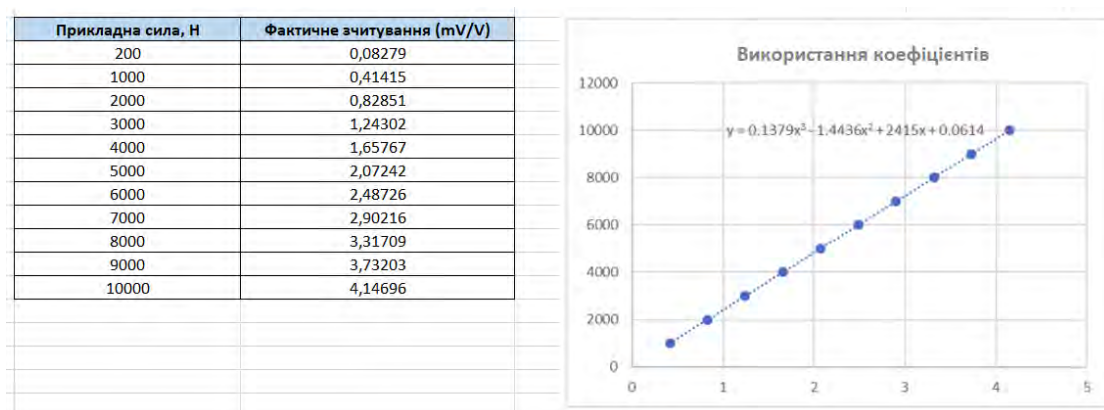


Рисунок 2.4.4 – Приклад графіку за даними з таблиці

Всі вхідні і вихідні дані, а також розрахунки інженерів дублюються у програму для інформаційного моделювання. Приклад можна побачити на рис. 2.4.5.

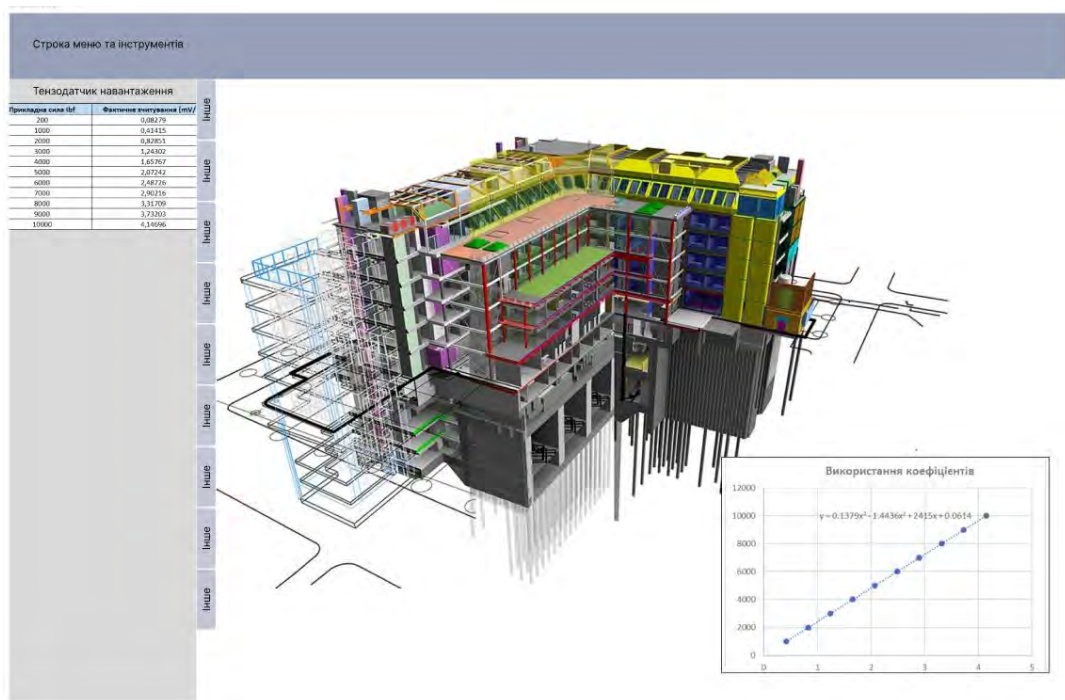


Рисунок 2.4.5 – Ескіз програми для інформаційної моделі.

У випадку, якщо вимірювання інклінометра досягло аварійного значення, в програмі повинно бути повідомлення про те, що саме сталось. Приклад такого повідомлення можна побачити на рис. 2.4.6 і рис. 2.4.7.

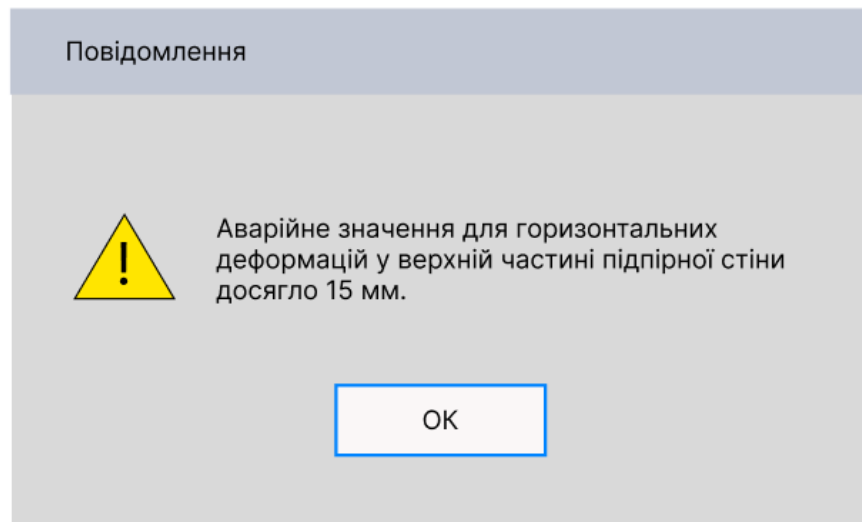


Рисунок 2.4.6 – Повідомлення щодо аварійного значення

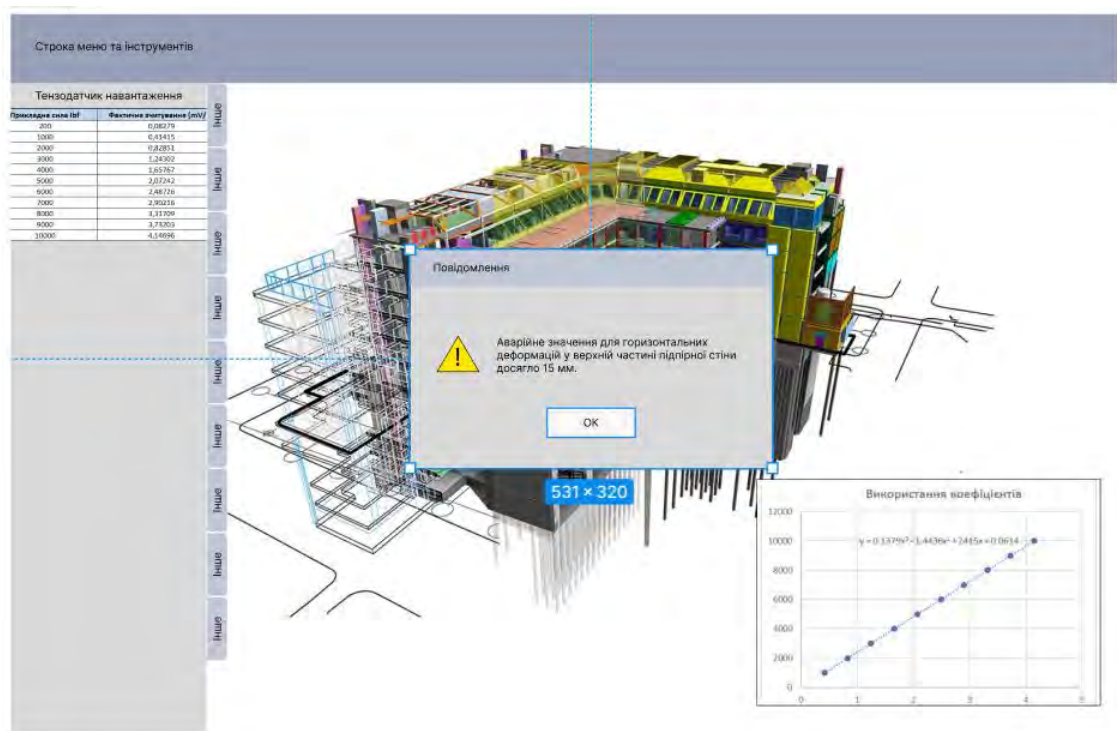


Рисунок 2.4.7 – Повідомлення на ескізі програми

На рис. 2.4.8 представлена структурна схема роботи системи.

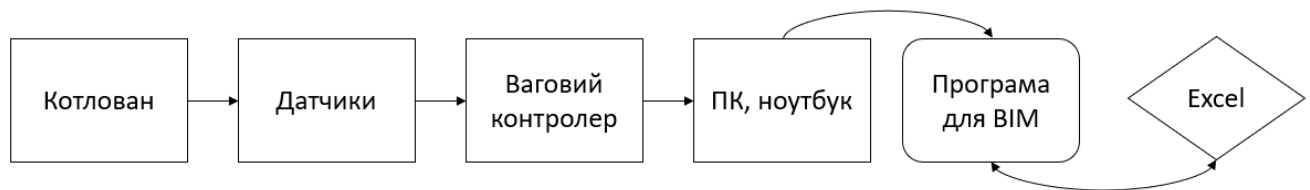


Рисунок 2.4.8 – Структурна схема автоматизованої системи

Спочатку датчики зчитують інформацію з складових котловану, а саме розпірок, анкерів, буронабивних свай, підйомного крану. Ця інформація передається до вагового контролеру. Наприклад, дані про вихідну номінальну чутливість тензодатчика навантаження, що встановлений між розпірками. Далі цей параметр передається через безпроводне підключення до ПК, а саме до нашої програми. Потім програма автоматично розраховує інші параметри згідно потрібних формул, будує графіки у Excel, а також дублює всі дані до інформаційної моделі. Тож, у реальному часі кожен учасник проекту зможе подивитись на характеристики та зміни складових будівельної споруди, або, як у нашому випадку, котлована.

3. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ»

Опис ідеї проекту

Створення стартапу передбачає реалізацію нової ідеї, нового технічного рішення, виведення його на ринки збуту. За своєю сутністю стартап передбачає розробку алгоритмів дії з організації бізнес-ідеї, яка заслуговує на практичну реалізацію, її подальший розвиток та продаж [12-15].

Розробка, яка пропонується, передбачає проведення ретельного маркетингового аналізу стартапу для перспективного застосування результатів проекту. Таким чином, необхідно визначитись з наявністю та особливостями конкурентів, провести аналіз конкурентоспроможності результатів. Особливість стартап-проекту полягає у необхідному визначенні групи потенціальних клієнтів та сфери застосування результатів, тобто визначення ринків збуту. При цьому обов'язковим є визначення можливостей та перспектив розвитку ринку збуту, їх географічних особливостей, а також способів реалізації результатів у практиці.

Даний стартап-проект передбачає розроблення автоматизованої системи для інформаційного моделювання будівельних об'єктів. Ця система буде використовуватись у сфері будівництва інженерами, архітекторами та іншими учасниками будівельного процесу.

Зміст основної ідеї проекту, напрямки застосування, переваги його результатів для користувачів, тобто виведення його на ринки збуту, в межах яких необхідно знайти потенційних клієнтів, описано в табл. 3.1.1, де вказано основні положення щодо застосування ідеї проекту.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70

Таблиця 3.1.1. Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Створення програми, яка буде автоматично збирати дані з датчиків будівлі і записувати у інформаційну модель	1.Діагностика будівельних об'єктів	Швидкість зв'язку Достовірність отриманих показників
	2.Прискорене створення проектів в будівельній сфері	Швидкість зв'язку Достовірність отриманих показників

Отже, новизна буде формуватися як результат організації зворотного зв'язку модулів системи з будівельним об'єктом під час будівлі. Завдяки автоматизації збору даних з датчиків і перетворення їх у таблиці та графіки, дана ідея є актуальною.

Досить повну інформацію об основному призначенні стартап-проекту, його терміні реалізації та необхідних ресурсах, меті та основних завданнях, об основних проблемах та очікуваних результатах стартап-проекту, містить інформаційна картка проекту (табл. 3.1.2).

Таблиця 3.1.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ n/n	Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент1 (Autodesk Revit)	Конкурент2 (Revizto)	Конкурент3 (BIMcollab)			
1	Спільна праця учасників проекту	так	так	так	так	-	-	+
2	Створення 3Д і 2Д моделей	так	так	ні	так	-	-	+
3	Створення будівельних документів	так	так	так	так	-	+	-
4	Автоматичне записування даних з датчиків	так	ні	ні	ні	-	-	+
5	Вартість програми	середня	висока	висока	безкоштовно	-	-	+

МД ПМ-7119.000.000 ПЗ

Арк.

71

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

У табл. 3.1.2 надано дані про сильні, слабкі та нейтральні характеристики пропонованого проекту як аналогів, так і нового технічного рішення проекту, для аналізу конкурентоспроможності. Отже, виходячи з основних характеристик системи, яку запропоновано, та порівняння їх з основними системами, які є конкурентами на ринку збуту, можна зробити висновки щодо конкурентоспроможності результатів проекту, який запропоновано.

Технологічний аудит ідеї проекту

Надалі проводиться розгляд технологій, за допомогою якої реалізується даний стартап-проект (табл. 3.2.1). Основна мета – визначення технологічних можливостей виробника, оцінювання того, наскільки доступним є технологічне оснащення фірми виробника, наскільки виробник володіє новітніми технологіями виготовлення.

Таблиця 3.2.1. Технологічна здійсненність ідеї проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
1	Розроблення програми для інформаційного моделювання з автоматизованою системою збору даних	Написання програмного коду і створення дизайну інтерфейсу	Розроблення алгоритму роботи програми і дизайн вікна програми в компанії	Так
2		Написання програмного коду самостійно	Треба розробити алгоритм роботи програми і дизайн вікна програми	Так
Отже, технологічний стан фірми-виробника дозволяє виробництво заявлених рішень				

Отже, виходячи з аналізу табл. 3.2.1, технологічний аудит ідеї довів, що можливість технологічної реалізації є досить високою, тобто можна виготовити внаслідок власної розробки та виготовлення окремих модулів вимірювання, а також закупівлі існуючих окремих модулів вимірювання. Внаслідок аналізу варіантів рішень оптимальної технології реалізації проекту можна обрати виготовлення на замовлення всієї загальної системи, а також виготовлення окремих модулів системи для самостійної реалізації.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		72

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Для успішної реалізації результатів проекту на сучасному ринку, необхідно оцінити можливості, які можна застосувати для виведення цих результатів стартап-проекту на ринок. Також необхідно оцінити існуючі загрози на ринку, які загрожують просуванню цього проекту. Отже, цей аналіз надає можливість враховувати існуюче середовище ринку збуту, його особливості, потреби клієнтів і конкурентоспроможність виробу серед реальних аналогічних виробів. При цьому необхідно проаналізувати основні аспекти, які стосуються просуванню результатів на ринки збуту.

У таблиці 3.3.1 наведено результати аналізу попиту на результати проекту.

Таблиця 3.3.1. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1	Кількість головних гравців, од	ТОВ «Українські новітні технології» СДМ «Інжиніринг Україна» «Прогрестех-Україна»
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	3000000 грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає, але в Україні ця сфера ще не є досить заповненою
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Потрібна процедура отримання необхідного сертифіката відповідності
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Сертифікація модулів системи щодо вимірювання показників
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	24 %

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту довів, що є попит на програми у сфері будівництва України зростає, ринок наразі є молодим, оскільки подібний продукт тільки ще розвивається в сфері будівництва, тому можна

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		73

визначити актуальність створення автоматизованої системи для збору даних з датчиків з новими характеристиками та призначенням.

В таблиці 3.3.2 наведено характеристики потенціальних клієнтів стартап-проекту.

Таблиця 3.3.2. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
1	Підвищення якості записування даних у інформаційну модель	Інженерні компанії, архітектурні компанії, будівельні компанії, технічні університети	Пошук відповідно критеріям: ціна – якість обслуговування, точність вимірювання показників.	- до продукції: якість, надійність, ціна, зручність користування - до компанії постачальника: якісна продукція, гарантія, сервісне супроводження роботи продукту

Аналіз основних характеристик потенційних клієнтів стартап-проекту показав, що автоматизована система, що пропонується буде мати зацікавленість серед інженерів та архітекторів, що працюють у будівельній сфері, а також будівельних компаніях.

У табл. 3.3.2 надано особливості потенціальних клієнтів та їхні ключові вимоги. Після визначення потенціальних клієнтів слід звернути увагу та проаналізувати можливі фактори загроз (табл. 3.3.3).

Таблиця 3.3.3. Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Нові конкуренти на ринку	Виникнення більшої кількості конкурентоспроможної продукції призведе до труднощів у продажу	Створення удосконалених моделей систем, пристосованих до різних типів датчиків, що встановлені і котлован
2	Нові модифікації систем	Застарілість товару	Розширення функціоналу системи, а також кількості та якості модулів вимірювання, що

			приведе до зацікавленості споживача та інтенсифікації продаж
3	Економічні виклики	Несподівані коливання економіки внаслідок різних незалежних зовнішніх ситуацій	Прийняття нових економічних стратегій. Надання споживачам різних модифікацій системи на умовах лізингу

Відповідно до результатів аналізу, можна сказати, що основні загрози полягають у зростанні кількості конкурентоспроможної продукції, що обумовлено необхідністю 10 якісних характеристик автоматизованої програми, можливих варіантів появи нових модифікацій продукції, а також виникнення несподіваних коливань економічного стану як виробника, так і економіки країни в цілому, що впливає на розвиток датчиків зчитування в тому числі.

Окрім існуючих проаналізованих факторів загроз, також слід звернути увагу на фактори можливостей (табл. 3.3.4). Розгляд цих факторів допомагає визначити можливі перспективні для розвитку написання програми та можливостей її збуту в будівельній сфері.

Таблиця 3.3.4. Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Збільшення попиту	Зростання кількості установ, які застосовують інформатизацію інформаційного моделювання	Зростання обсягу продукції
2	Відсутність даного функціоналу на ринку	Монополізація виробництва конкретних систем	Швидке оформлення документів на охорону інтелектуальної власності. Підвищення ціни на продукцію
3	Труднощі реалізації системи на ринку	Вихід на ринок компанії з великими науковими та виробничими потужностями	Злиття з іншою компанією виробником подібної продукції на умовах окремої структури

Таким чином, з усіх факторів можливостей найбільш перспективним для розвитку компанії є фактор № 2. Тобто монополізація випуску продукції має

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		75

найбільші можливості отримання високих прибутків без значних фінансових витрат на модифікацію продукції. Найменш перспективним фактором є той, що вимагає від компанії можливого злиття з іншими компаніями, оскільки це накладає обмеження на функціонування компанії-виробника з політичної та економічної точки зору. Щоб створити конкуренцію на ринку, необхідно проаналізувати конкуренцію на ринку в даній сфері (табл. 3.3.5).

Таблиця 3.3.5. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Тип конкурентності - олігополія	Невелика кількість різних компаній-виробників, що орієнтована на певну частину ринку	Пропонування тестових варіантів та демоверсій системи, безплатне встановлення продукту, навчання персоналу працювати з цією системою, дисконтні пропозиції, прямі домовленості з установами стосовно покупки продукту
2. Національний рівень	Можливість компанії швидко розвиватися в межах національного ринку, мати можливість конкурувати з зарубіжними компаніями тієї ж сфери застосування	Наповнювати національний ринок та робити конкуренцію іноземній продукції Відповідати умовам якісної та надійної продукції. Стабілізація ціни продукції
3. Внутрішньогалузева конкуренція	Створення продукту схожого до продуктів інших компаній але з деякими відмінностями	Виготовлення модифікованої продукції, яка буде відрізнятися методами вимірювання показників, спеціальними функціями роботи системи, наявністю модулів вимірювання, модулю зворотного зв'язку з блоками формування режимів роботи системи
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція компанії з іншими підприємствами, які спеціалізуються на розробці інформаційних систем медичного напрямку	Підвищення якості продукції Рекламні заходи щодо просування продукту, порівняння його з приладами компанії конкурента, підкреслення переваг свого продукту Формування ринкової вартості продукції

Продовження таблиці 3.3.5

5. Цінова перевага	Перевага продукції ціні	Представлення нового методу інформатизації медичних досліджень на основі вимірювання показників та вказати на невелику ціну (порівняно з продуктами інших компаній) продукції
6. Марочна продукція	Виробництва продукту під власною маркою та логотипом	Розробка логотипу та власної торгової марки, яка б відповідала ідеї продукції, спеціалізації компанії Формування ціни продукту залежно від типу та функціоналу

Аналізуючи всі дані, можна сказати, що запропонований продукт здатний створити хорошу конкурентну ситуацію на ринку та зайняти хорошу позицію. В таблиці 3.3.6 також наведено аналіз в галузі за П. Портером. Це більш детальний аналіз.

Таблиця 3.3.6. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
<i>Складові аналізу</i>	ТОВ «Українські новітні технології»	СДМ «Інжиніринг Україна»	Компанії – програмування Виробники датчиків Обсяги поставок	Контроль якості Змінні витрати Чутливість щодо ситуацій на ринку	Якість, інші методи вимірів
Висновки:	Мають недоліки щодо технічних параметрів	Є конкуренти, але продукція перевищує за функціоналом Компанія має довіру клієнтів, закріпила свої позиції як надійний виробник	Сертифікація продукції, отриманий відсоток від виробленого та проданого продукту	Оцінка якості роботи. Умови експлуатації. Ефективна робота в умовах клініки	Робота на ПК або ноутбуку

На підставі аналізу даних таблиці 3.3.6 оцінюємо те, що звісно, велика кількість продукту на ринку збуту спричиняє труднощі у реалізації своєї продукції. Проте прямі конкуренти мають певні недоліки щодо технічних характеристик, функціоналу системи, яку випускають.

Як висновок, можна сказати, що потрібно впроваджувати продукт, який відповідатиме якості роботи, відповідності характеристикам, надійності та цінній політиці ринку, для того, щоб отримати дольову участь. В даному підрозділі представлено обґрунтування факторів конкурентоспроможності (табл.3.3.7).

Таблиця 3.3.7. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1	Можливість автоматично записувати дані з датчиків	Пристосованість модулів до системного програмного забезпечення
2	Автоматичний запис даних у таблицю Excel	Новий метод дозволяє економити час
3	Можливість організації зворотного зв'язку	Розробка програмного забезпечення інформаційної системи, що дозволяє учасникам проекту вчасно вносити зміни у проект
4	Висока точність отримання результату	Завдяки прямому запису даних з датчиків до таблиці і в інформаційну модель, не допускається помилок через людський фактор
5	Швидкодія роботи системи	Автоматизація завжди прискорює процеси, що раніше робили вручну

Проведений аналіз існуючих впливів показує основні значущі фактори конкурентоспроможності даного проекту. Такими є можливість організації зворотного зв'язку, висока точність, швидкодія роботи. Проведемо аналіз сильних і слабких сторін стартап-проекту (табл. 3.3.8), які базуються на факторах конкурентоспроможності продукції, яку пропонуємо.

Таблиця 3.3.8. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ n/n	Фактор конкурентоспроможності	Ба ли 1- 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)						
			3 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	0	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺
1	Можливість автоматично записувати дані з датчиків	18						+	
2	Автоматичний запис даних у таблицю Excel	16					+		
3	Можливість організації зворотного зв'язку	14				+			
4	Висока точність отримання результату	19					+		
5	Швидкодія роботи системи	20							+

З даного аналізу можна зазначити позитивну тенденцію. Перевагами розробки автоматизованої програми є робота з датчиками зчитування інформації, що встановлені в котловані.

SWOT- аналіз стартап-проекту полягає в визначенні сильних і слабких сторін проекту. При цьому визначаються можливості просування його на ринок, реалізації у відповідній сфері діяльності (для нашого випадку це сфера медичного обслуговування).

Важливим завданням SWOT- аналізу є виявлення загроз щодо його здійснення (табл. 3.3.9). Аналіз полягає в тому, щоб розглянути різні сторони, які базуються на ринкових загрозах (табл. 3.3.9).

Таблиця 3.3.9. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: автоматичне записування даних, створення таблиць, висока точність результату, швидкодія	Слабкі сторони: дизайн, інтерфейс, часткова залежність від постачання комплектуючих
Можливості: можливість просування бренду, рекламні заходи	Загрози: збільшення кількості конкурентів

Описані ймовірні слабкі та сильні сторони проекту, які враховуються при входженні на ринок, необхідні для виявлення кроків просування в будівельну сферу. Окремим питанням аналізу є виявлення можливих загроз, а в нашому

випадку це збільшення можливих конкурентів, які заважають здійсненню просуванню нашої продукції.

Спираючись на SWOT-аналіз, потрібно оцінити і розробити поведінку ринку, яка буде відбуватись при виведенні продукту проекту на ринок, враховуючи факти конкурентоспроможності продукту у порівнянні з існуючими системами (табл. 3.3.10).

Таблиця 3.3.10. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1	Представлення нової якості продукції	Отримання грошових ресурсів від купівлі автоматизованої програми для інформаційної моделі. Ймовірність висока через новизну на ринку	10 місяців
2	Встановлення програмного забезпечення інформаційних модулів системи	Покупка продукту установами з даною системою. Ймовірність середня	5 місяців
3	Представлення додаткового функціоналу системи для можливої привабливості продукту	Продаж додаткових модулів, додаткового програмного забезпечення. Ймовірність висока	7 місяців

Таким чином, можна зазначити, що впровадження результатів проекту на ринок потрібно супроводжувати з подальшим вдосконаленням системи, а також пропонування нових додаткових функцій автоматизованої системи інформаційного моделювання, збільшить зацікавленість користувачів на ринку збуту.

На підставі всебічного аналізу особливостей продукту можна визначити найбільш значущу альтернативу ринкового впровадження стартап-проекту, яка полягає в представленні нової якості продукції, тобто можливості організації зворотного зв'язку загальної автоматизованої системи. Основна привабливість проекту полягає в досить скорочених строках реалізації (10 місяців), що дозволить вирішити питання розробки.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						80
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розроблення ринкової стратегії проекту

Оскільки ринкова стратегія передбачає заходи щодо просування на ринки результатів стартап-проекту, необхідно визначитись з основними та додатковими групами потенційних клієнтів, дослідити їх особливості при визнанні переваг створеного продукту, попит в межах сегменту. Важливим питанням є дослідження інтенсивності конкуренції в сегменті та, в першу чергу, при моделюванні ринкової стратегії, необхідно визначити групи споживачів даної продукції (табл. 3.4.1).

Таблиця 3.4.1. Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ n/n</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовни й попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивніс ть конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1	Будівельні установи всіх форм власності	Готові за умови збільшення якості роботи інженерних компаній, що зацікавить споживачів. Потрібний сертифікат відповідності	48%	Середня інтенсивність	За умови збереження якості роботи. Проведення роботи щодо рекламних заходів Без обмежень
2	Науководослідні установи, інститути	Готові за умови гарантованої точності роботи та низької ціни	16%	Низька інтенсивність	Наявні Просто
Які цільові групи обрано: обрано групу №1					

Аналіз показав, що основною цільовою групою є будівельні установи всіх форм власності, адже основну модель інженерної автоматизованої системи спрямовано на цю клієнтську групу. Можна визначити, що за попередніми оцінками наявна простота входу в сегмент, що обумовлено розвитком ринку та зростаючими потребами споживачів.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		81

Таким чином формулюємо базову стратегію розвитку (табл. 3.4.2).

Таблиця 3.4.2. Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ n/n</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
1	Удосконалення власних технічних рішень для задоволення потреб ринку	Диференційований маркетинг	Точність вимірювань, швидкодія роботи системи, адаптація до зміни даних з датчиків	Стратегія диференціації

Дана стратегія є адекватним рішенням по відношенню до даного проекту, через те, що є необхідність подальшого розвитку і вдосконалення технічної складової системи. Оскільки диференційований маркетинг передбачає розробку різних комплексів для різних сегментів споживачів, необхідно розуміти аспекти діяльності, потреби та особливості, які відповідають сегменту, наша розробка є продуктом, який може змінювати свою складову залежно від особливостей конкретного споживача.

Далі необхідно оцінити стратегію конкурентної поведінки (табл. 3.4.3). Обраний шлях є найбільш ефективним. Таким чином виробникові можна розраховувати на достатньо значущу позицію на ринку в порівнянні з конкурентами. Окрім того, потребує визначення основних особливостей стратегії конкурентної поведінки.

Таблиця 3.4.3. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>№ n/n</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
1	Так Функціонал системи, яка буде створена внаслідок проекту, практично не має аналогів, оскільки	Компанія буде зосереджуватись на нових споживачах, але також на клієнтах компаній конкурентів, представляючи	В даному продукті схожими частинами з товаром конкурента, будуть певні функції ПЗ, пов'язані з	Наступальна війна, що полягатиме в нових властивостях і функціях продукту. Тип наступу-фланговий наступ,

	наявні системи стосуються виключно організаційних питань	переваги свого продукту	формуванням зв'язків з датчиками. Інші частини продукту будуть оригінальними.	що буде включати в себе захоплення нових територій, а саме підприємства та компанії, які працюють з медичними установами
2	Так Програма частково нова	Компанія буде зосереджуватись на нових споживачах, але також на клієнтах компаній конкурентів, представляючи переваги свого продукту	В даному продукті схожими частинами з товаром конкурента, Інші частини продукту будуть оригінальними.	Наступальна війна, що полягатиме в нових властивостях і функціях продукту. Тип наступу-фланговий наступ, що буде включати в себе захоплення нових територій, а саме підприємства та компанії, які працюють з медичними установами

Для нашого випадку це передбачає зростання числа клієнтів як нових, так і клієнтів конкурентів, проведення заходів щодо захоплення нових ринків збуту, тобто активні стратегічні заходи. Ще одною складовою проекту є стратегія позиціонування, яка представлена в таблиці 3.4.4.

Оскільки позиціонування передбачає розробку пропозицій щодо формування та закріплення конкурентної позиції товару на певному ринку, необхідно визначитись з основними положеннями визначення стратегії позиціонування.

Таблиця 3.4.4. Визначення стратегії позиціонування

<i>№ n/n</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувавши комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1	Здатність товару якісно і ефективно виконувати поставлену задачу. Можливість	Стратегія мінімалізації витрат: Розробка недорогого продукту, за рахунок дешевих комплектуючих Залучення	Наявність зворотного зв'язку модулів системи одночасно з пацієнтом через первинні сенсори та з блоком	1. Налаштування режимів роботи відповідно змінам стану котлована 2. Ефективність процесу запису до таблиць даних з

	покращити адаптацію роботи системи до конкретної зміни стану котлована	внутрішніх та зовнішніх інвестицій Представлення продукту на виставках	формування команд режимів роботи	датчиків 3. Точність вимірів датчиків
--	--	---	----------------------------------	--

Продовження таблиці 3.4.4

2	Точність вимірів показників стану котлована	Стратегія мінімалізації витрат: Розробка недорогого продукту, за рахунок дешевих комплектуючих Залучення внутрішніх та зовнішніх інвестицій	Формування комплексного інформаційного сигналу	1. Точність вимірів 2. Швидкодія роботи 3. Повне узгодження з ключовими модулями системи
---	---	---	--	--

Дана таблиця необхідна для того, щоб показати основні позиції, з якими можна асоціювати даний продукт на ринку. Даний підрозділ показав основні аспекти формування середовища на ринку для успішного просування проекту.

Розроблення маркетингової програми стартан-проекту

Щоб розробити ефективну маркетингу необхідно визначити ключові переваги концепції потенційного товару (табл. 3.5.1).

Таблиця 3.5.1. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
1	Ефективне створення таблиці і графіків з даними	Здатність підключатись і взаємодіяти із автоматизованою системою	Можливість формування комплексного інформаційного сигналу від датчиків, що встановлені на котловані
2	Зворотній зв'язок	Швидке калібрування та налаштування	Легкість в вивченні програми, простота у використанні

Дані переваги дають можливість формування хорошої маркетингової стратегії на ринку та формування можливостей виробника автоматизованої системи.

					МД ПМ-7119.000.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		84

В таблиці 3.5.2 описано три рівні моделі товару.

Таблиця 3.5.2. Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за задумом	Автоматизована система зі зворотним зв'язком від датчиків зчитування різних характеристик		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Гл/Е/Ор
	1. Діапазон вимірювання	Нм	Тх
	2. Управління - автоматичне.	Нм	Тх
	3. Умови експлуатації: встановлення на ПК	Нм	Е
	Якість: немає		
Пакування: немає			
Марка: : COMPANY КПІ ім. І.Сікорського AUTOMATED Автоматизована система зі зворотним зв'язком від датчиків зчитування різних характеристик			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: Автоматизована програма для інформаційного моделювання		
	Після продажу: Автоматизована програма для інформаційного моделювання		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патентування виробу та його складових, та закритість та закритий тип продукту, печатки на продукті, можливість ремонту тільки в сервісному сертифікованому центрі компанії виробника.			

В даній таблиці показано основні характеристики для того, щоб оптимізувати маркетингову програму та можливість її підкріплення.

Далі необхідно визначити межі встановлення ціни на продукти-аналоги та оцінити їх, що показано в таблиці 3.5.3.

Таблиця 3.5.3. Визначення меж встановлення ціни

<i>№ n/n</i>	<i>Рівень цін на товари- замінники</i>	<i>Рівень цін на товари- аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
1	50000- 120000 грн	50000- 150000 грн	1500000 грн/міс. – 100000000 грн/міс.	45000 грн – 80000 грн
2	160000- 300000 грн	160000- 150000 грн	100000 грн/міс. – 5000000 грн/міс.	50000 грн – 100000 грн

Ціну на товар було встановлено в певних межах, спираючись на цінову політику на ринку, та на конкурентів. Аналіз доводить, що встановлення ціни

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

здійснено досить адекватно ситуації розвитку медичного обслуговування країни. Таким чином, незалежно від форми власності споживач у змозі придбання цих систем для користування при діагностиці та лікуванні.

Сформуємо систему збуту (табл. 3.5.4).

Таблиця 3.5.4. Формування системи збуту

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальн а система збуту</i>
1	Необхідність в автоматизованих системах із зворотним зв'язком від стану будівельного об'єкту	Якісне обладнання доставлене в потрібне місце в заданий час	Продаж будівельним установам різної форми власності	Тендери, виставки, магазини з програмами для інформаційного моделювання, інтернет магазини

Ефективним рішенням збуту продукції, буде продаж продукту напряму без посередників. Таки рішення буде використовуватись на початку маркетингової програми. В подальшому планується пошук посередників та інших представників, для офіційного збуту продукції.

Останньою складовою, яка відіграє важливу роль в маркетинговій програмі є концепція маркетингових комунікацій (табл. 3.5.5).

Таблиця 3.5.5. Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ n/n</i>	<i>Специфік а поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
1	Пошук продуктів які відповідають критеріям: ціна – якість, компактність, точність	Тендери, виставки, інтернет ресурси, магазини спеціального обладнання	Автоматизована система із зворотним зв'язком від стану будівельного об'єкту	Показати клієнтам яким чином можна збільшити ефективність роботи над проектом за	Продукт може використовуватись в будівельних компаніях

				допомогою даного продукту	
2	Пошук продуктів які відповідають критеріям: ціна – якість, компактність, точність, простота, надійність	Тендери, виставки, інтернет ресурси, магазини спеціального обладнання	Комплексний сенсор для науководослідних установ	Показати клієнту основні позитивні аспекти і переваги при використанні даного продукту	Робота продукту з різноманітними типами датчиків, велика точність, простота у використанні

Дана концепція повинна забезпечити оптимальний результат від маркетингової програми. Заходи щодо просування на ринки буде здійснюватись шляхами активізації реклами, публікацій, участі в виставках тощо.

Організація реалізації стартап-проекту

Метою цього є довести можливості ефективного організаційного та ресурсного забезпечення проекту; продемонструвати, що запропоновані організаційні рішення дозволять ефективно реалізувати стартап-проект. Таким чином, потрібно формування робочої команди спеціалістів відповідного профілю та специфіки діяльності, а також розподілити між ними завдання, від виконання яких залежить результат проекту (табл. 3.6.1).

Таблиця 3.6.1. Розподіл завдань між членами робочої команди

Інженер-конструктор	Генератор ідей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Розробка системи та модулів. 2. Розробка технічного завдання. 3. Креслення. 4. Оформлення технічної документації. 5. Складання системи та модулів.
---------------------	----------------	---

Продовження таблиці 3.6.1

Електротехнік	Виконавець	<p>6. Розробка загального блоку електричної схеми автоматизованої системи.</p> <p>7. Налагодження електричної схеми.</p> <p>8. Розробка специфікації електричних елементів системи</p>
ІТ- спеціаліст	Спеціаліст	<p>9. Розробка програмного забезпечення роботи основних модулів.</p> <p>10. Сервісне забезпечення роботи модулів системи та основного блоку формування команд.</p> <p>11. Сервісне обслуговування.</p>
Менеджер	Дипломат	<p>12. Розробка бізнес плану.</p> <p>13. Пошук ринку збуту.</p> <p>14. Пошук компаній інвесторів.</p>

Для ефективного вирішення проблеми створення проекту, сформовано команду виконавців та розподілено поміж ними завдання. Від рівня кваліфікації та специфіки роботи працівників команди залежить рівень виконання проекту, при цьому необхідно визначатись с календарним плануванням виконання завдань щодо створення проекту його просування на ринки та подальше супроводження продукту.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		88

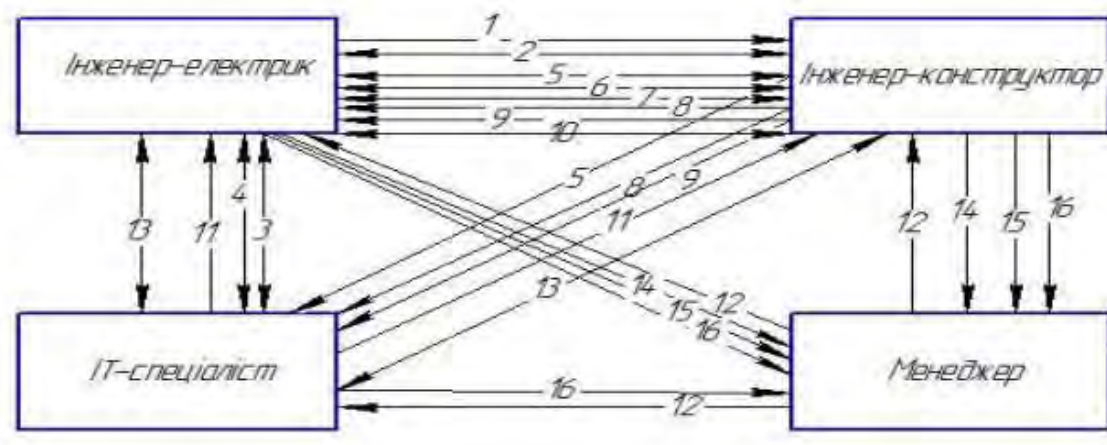


Рисунок 3.6.1 - Схема взаємодії між залученими фахівцями команди

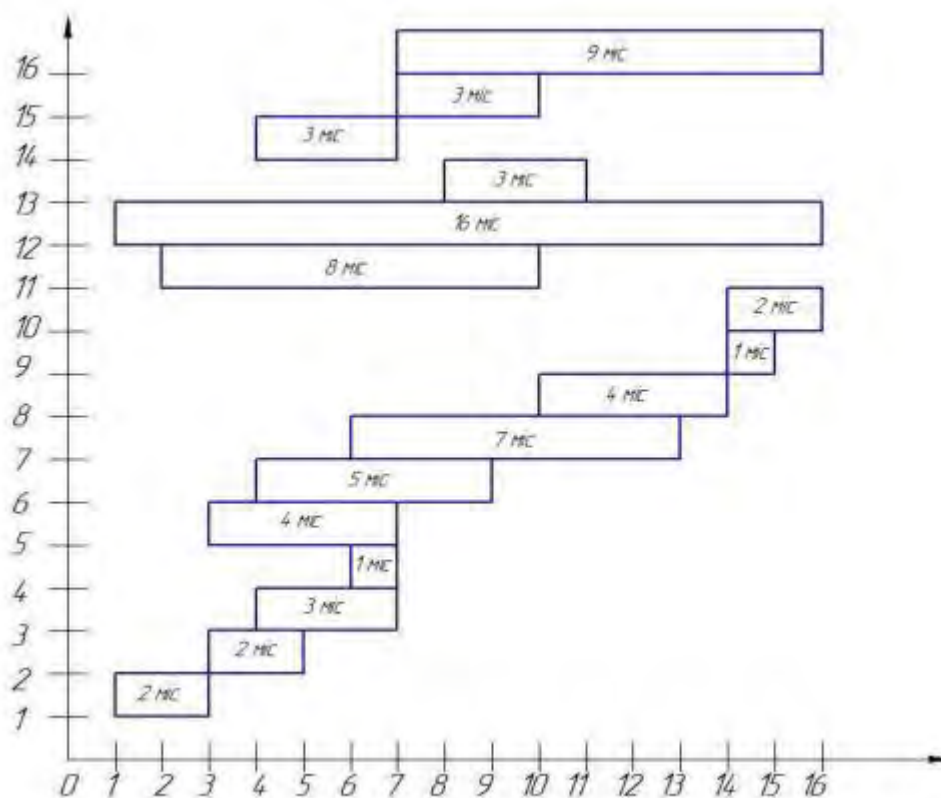


Рисунок 3.6.2 - Графік тайм-апу виконання проекту

Планування з огляду на часові обмеження потрібно для своєчасного виконання завдань проекту, оскільки це є фактором, що впливає на кінцеві економічні особливості виконання. При цьому необхідно визначитись з окремим внеском робітників у загальний план виконання роботи та визначити, наскільки важливою є їх робота відповідно ролі, яку призначено на підставі проведених попередніх планувань виконання.

Таблиця 3.6.2. Визначення важливості факторів щодо їх вкладу в створення та реалізацію стартапу

Фактор	Вага (важливість)
Ідея	7
Підготовка бізнес плану	8
Компетентність	7
Залученість і ризику	5
Обов'язки	6

Визначення факторів важливості щодо виконання роботи має на меті необхідні заходи щодо планування етапів роботи, основні моменти можуть бути покладені в розробку технічного завдання на виконання проекту. Звідсіля впливає планування часових витрат команди фахівців, а таким чином, і фінансових витрат на розробку (табл.3.6.3).

Таблиця 3.6.3. Календарний план-графік реалізації стартап-проекту

№ з/п	Етапи реалізації	Період реалізації проекту						
		0-й рік				1-й рік	2-й рік	3-й рік
		1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.			
1	Проведення НДДКР	+	+	+	+	+		
2	Розробка проектних матеріалів і ТЕО	+	+	+	+	+		
3	Робоче проектування і прив'язка проекту	+	+	+	+			

Продовження таблиці 3.6.3

4	Створення компанії			+	+			
5	Придбання нематеріальних активів, отримання дозвільних документів тощо			+	+			
6	Придбання й оренда земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд					+		
7	Придбання обладнання, устаткування та пристроїв					+		
8	Передвиробничі маркетингові дослідження		+	+	+			
9	Приймально-здавальні випробування		+	+	+			
10	Пусконаладжувальні роботи		+	+				
11	Освоєння проектних потужностей				+	+		
12	Придбання матеріальних ресурсів	+	+	+	+	+	+	+
13	Запуск виробництва					+	+	
14	Продаж продукції					+	+	+
15	Введення в експлуатацію					+	+	+
16	Сервісне обслуговування					+	+	+

Реально оцінені необхідні строки виконання роботи призводять до підвищення ефективності виконання проекту, до зменшення зайвих матеріальних та фінансових витрат та роблять проект більш привабливим для інвесторів. На підставі складання календарного план-графіку реалізації стартап-проекту буде заплановано та оцінено розробка автоматизованої системи для інформаційного моделювання.

Визначаємо обсяг загальних початкових витрат, необхідних для реалізації проекту (витрат, що мають бути понесені до початку основної діяльності в 0-й рік реалізації проекту) за формою, наведеною в таблиці 3.6.4.

Таблиця 3.6.4. Загальні початкові витрати проекту

№ з/п	Стаття витрат	Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1	Проведення НДДКР	80
2	Розробка проектних матеріалів і ТЕО	50
5	Витрати на придбання обладнання та устаткування і пристроїв	1200
6	Витрати на приймально-здавальні випробування	10
7	Витрати на пусконаладжувальні роботи	15
8	Комплексне освоєння проектних потужностей	28
9	Витрати на придбання нематеріальних активів	140
13	Оплата юридичних послуг	25
14	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі	15

Продовження таблиці 3.6.4

15	Витрати, пов'язані з діяльністю персоналу	800
	Разом	2338

Визначення загальних початкових витрат проекту дозволяє планувати виконання завдань проекту, узгоджувати їх оплату відповідно необхідному кошторису. При цьому аналіз початкових витрат надає можливості залучення інвестиційних коштів із повним обґрунтуванням, яке може зрозуміти інвестор. Таким чином, від повного розкриття усіх необхідних статей кошторису, врахування особливостей виконання проекту, а також проведення початкових маркетингових досліджень, залежить те, як буде починатись та, як буде просуватись розробка автоматизованої медичної системи, а також які гарантійні строки будуть забезпечені, наскільки виробник буде супроводжувати свій продукт. Тобто це обумовлює важливість цього етапу планування.

Висновки до розділу

3.1. Було проведено аналіз стартап-проекту “Автоматизація проектування будівельних об’єктів з використанням технологій інформаційного моделювання” та визначено основні фактори його розвитку. Даний тип проекту і концепція роботи системи має цілком новий вигляд і будову. Встановлено, що тенденції виходу даного продукту на ринок збуту будуть позитивним. Цьому сприяє стрімке зростання попиту на автоматичне зчитування даних з датчиків і їх запис до таблиці, побудову графіків, і можливість подивитись показники в інформаційній моделі.

3.2. Також слід зазначити, що існують ризики виведення даного проекту на ринок збуту, це насамперед невідомість даної концепції приладу. Але хороший маркетинг і залучення інвестицій, дадуть змогу знизити рівень недовіри до нової продукції. Важливим фактором стабільного зростання та розвитку на ринку, є залучення міжнародних інвестицій та впровадження продукції за кордоном. Це

дасть можливість більш детально дослідити потреби споживачів і довести дану продукцію до міжнародних стандартів.

3.3. Подальший розвиток та вдосконалення продукту, сприятимуть до того, що дана система зможе зайняти конкурентоспроможні позиції на ринку. Слід врахувати можливість розширених функцій, це автоматичний запис даних до таблиці Excel, що дає можливість зрівнювати розрахунки інженерів. Таким чином можна розширити попит даної продукції.

3.4. Була виявлена група потенційних клієнтів, а саме будівельні компанії. Для нашого випадку це передбачає зростання числа клієнтів як нових, так і клієнтів конкурентів, проведення заходів щодо захоплення нових ринків збуту, тобто активні стратегічні заходи.

3.5. Було розроблено маркетингову програму стартап-проекту. Встановлення верхньої (80000 грн) та нижньої (45000 грн) межі ціни на товар/послугу. Визначено, що ефективним рішенням збуту продукції, буде продаж продукту напряму без посередників.

3.6. Враховуючи всі проведені аналізи, можна сказати, що автоматизована медична система зі зворотним зв'язком, як новий тип продукції інформаційних систем на ринку, зарекомендує себе своєю високою точністю та надійністю.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		94

ВИСНОВОК

Після ознайомлення з поняттям інформаційної моделі, було розглянуто вже існуючі програми для інформаційного моделювання. Також було досліджено будівництво котловану, встановлення розпірок і види ґрунтів для кращого розуміння теми. У другому розділі розглянуто характеристики тензодатчика навантаження, інклінометра та вимірювального штифта. Розраховані деякі параметри та побудовані графіки. Розглянуто встановлення вимірювального штифта на підйомний кран, та побудовано графік залежності навантаження на штифт від натягу дроту. Побудовано мостову схему підключення тензодатчика навантаження до вагового контролера. Розраховано аварійні значення, при яких потрібно виконувати контрміри щодо виправлення аварійних ситуацій. Також запропоновано структурну схему автоматизованої системи та намальований приблизний ескіз інтерфейсу.

У розділі розробки стартап-проекту було досліджено ринок та конкурентів. Створена команда та календарний графік виконання проекту, а також розрахунок ціни та збуту.

Загалом, поставлена мета у даній дисертації була досягнута.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. What is bim? Building. Information modeling [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.allplan.com/bim/bim-and-allplan/>
2. BIM-технології у будівництві 2022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.planradar.com/ru/bim-tekhnologii-v-stroitelstve/>
3. Best BIM Software Programs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://plannerly.com/10-best-bim-software-programs/>
4. Construction pits [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gudconsult.de/en/construction-pits>
5. Bodenart [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hypersoil.uni-muenster.de/0/03/06.htm#diagramm>
6. Design of Braced Cuts in Excavations [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://structville.com/2020/12/design-of-braced-cuts-in-excavations.html>
7. Specifications to Consider for Load Cell Accuracy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mhforce.com/top-5-specifications-for-load-cell-accuracy/>
8. Converting an mV/V load cell signal into Engineering Units [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mhforce.com/mv-v-load-cell-span-errors/>
9. Инклинометр STS-106 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rospribor.com/catalog/datpolc/sts106/>
10. Inklinometer [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.gif-ettlingen.de/engl/pdf/engl/Кар_02.61.pdf
11. Holen Sie das Beste aus Ihrem Lastmessbolzen [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.lcmsystems.com/resources/load-pins-getting-the-best-from-your-load-pin>
12. Гавриш, О. А., Бояринова К. О., Копішинська К. О. Розробка стартап-проектів. Конспект лекцій : навчальний посібник для студентів спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 188 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/29447>

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

13. Гавриш, О. А., Бояринова К. О., Копішинська К. О. Розробка стартап-проектів: практикум: навчальний посібник для студентів спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 116 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/29450>
14. Розроблення стартап-проекту. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / [О. А. Гавриш, С. О. Солнцев, В. В. Дергачова та ін.]. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 27 с.
15. Кофанов О. Є. Науково-методичні засади розроблення маркетингової стратегії стартап-проектів на промисловому ринку / О. Є. Кофанов, О. В. Зозульов. // Економічний простір. – 2016. – №115. – С. 202–2011.

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

Додатки

					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		98

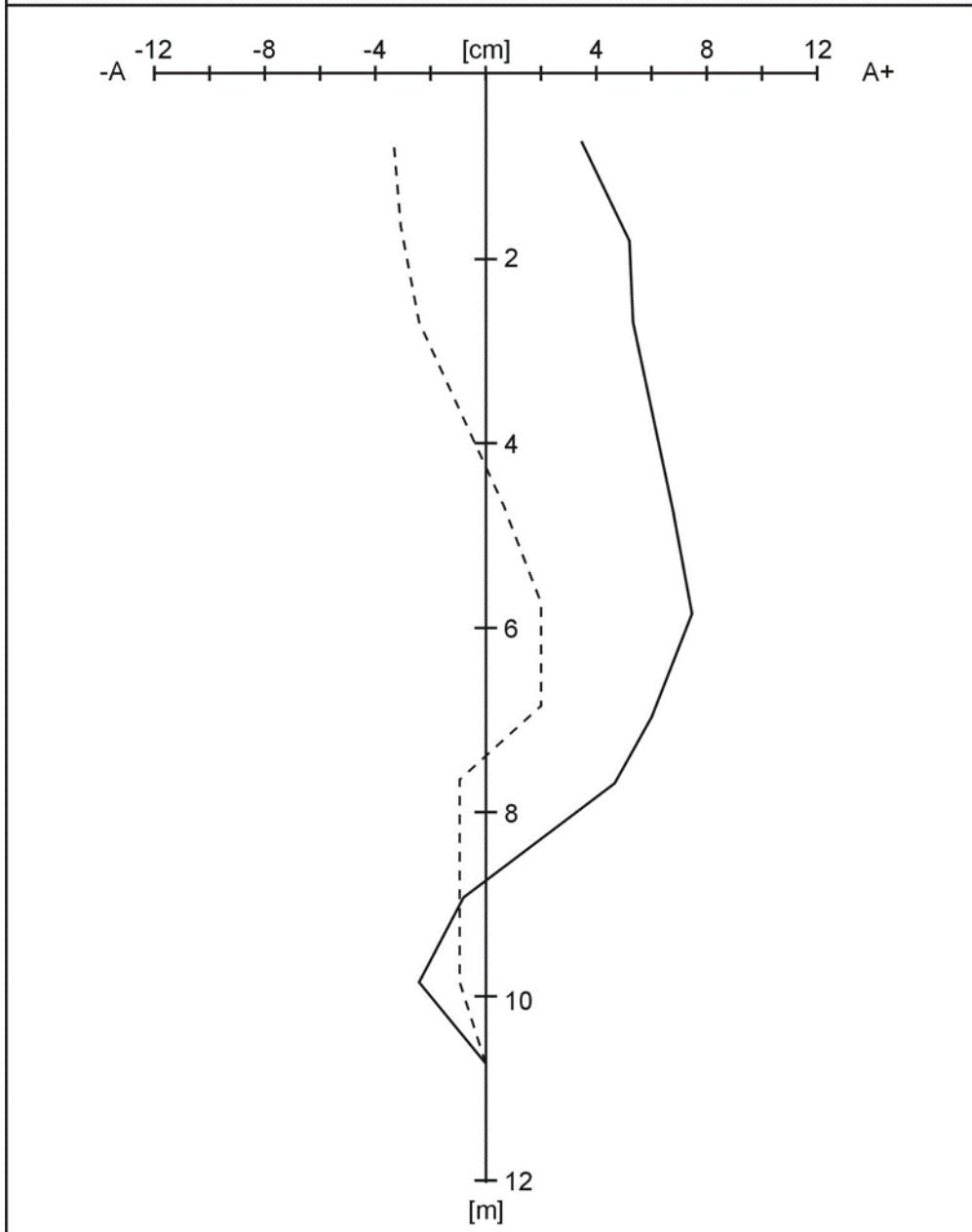
Додаток А

PROJEKTNAME: Sondermülldeponie

Messstelle Nr.: I-2

Änderung des Messstreckenverlaufs bezüglich der Messung: 1 vom 08.10.90

——— Messung: 19 vom: 09.02.94 - - - - - Messung: 18 vom: 02.07.93



					<i>МД ПМ-7119.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

Додаток Б

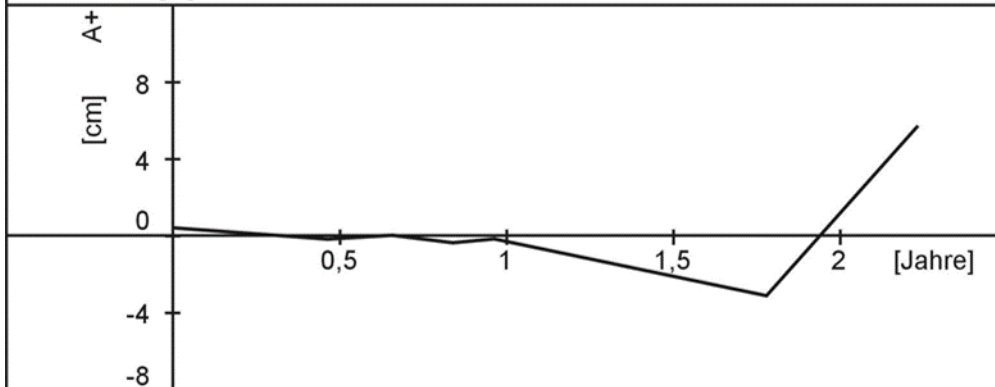
PROJEKTNAME: Sondermülldeponie

Messstelle Nr.: I-2

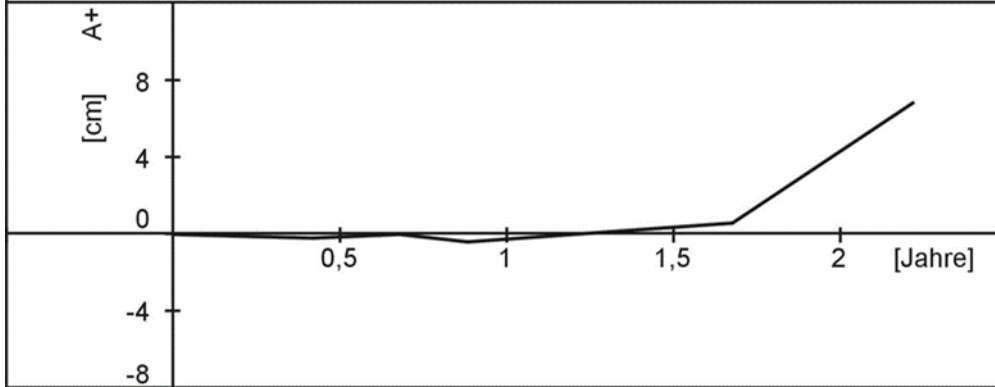
Änderung des Messstreckenverlaufs bezüglich der Messung: 1 vom 08.10.90

Beobachtungszeitraum vom 08.10.91 - 10.02.94

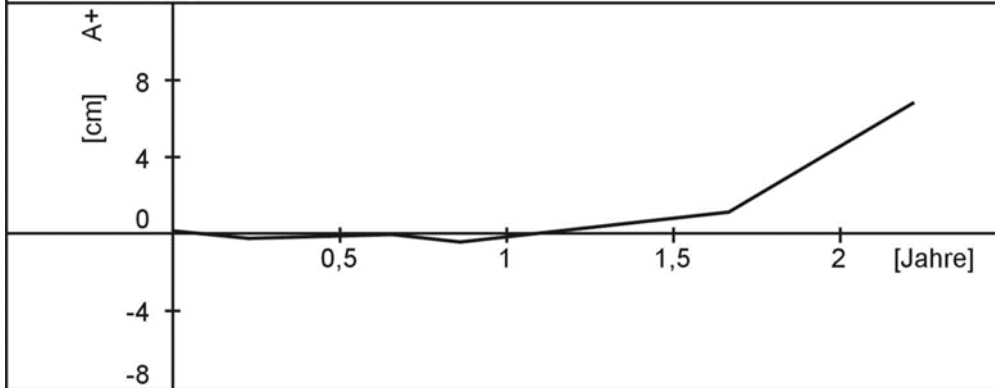
Tiefe 2,0 [m]



Tiefe 4,0 [m]



Tiefe 6,0 [m]



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ПМ-7119.000.000 ПЗ

Арк.

10

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				Документація		
A1			МД ПМ-7119.005.000	Програми для інформаційного	1	
A1			МД ПМ-7119.006.000	Розташування датчиків	1	
A1			МД ПМ-7119.007.000	Блок-схема	1	
A1			МД ПМ-7119.008.000	Принципова схема інклінометра	1	
A1			МД ПМ-7119.009.000	Алгоритм роботи системи	1	
A1			МД ПМ-7119.010.000	Алгоритм роботи при аварійних значеннях	1	
A1			МД ПМ-7119.011.000	Інтерфейс розробленої програми	1	
				Деталі		
A3			МД ПМ-7119.001.003	Пружній елемент тензодатчика	1	
A3			МД ПМ-7119.002.001	Вимірювальний штифт	1	
A3			МД ПМ-7119.003.004	Кожух	1	
A3			МД ПМ-7119.003.007	Блок	1	
A3			МД ПМ-7119.004.006	Кінцева заглушка	1	
A3			МД ПМ-7119.004.002	Кришка	1	

					МД ПМ-7119.000.000			
И	Лис	№ покум	Полп	Ла	Автоматизація проектування будівельних об'єктів з використанням технологій	Лит	Лист	Листов
Разп	Ярошевська						1	1
Пров								
Н.ко								
УТВ	Нечай О.С.							

					МД ПМ-7119.000.000 ПЗ			Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				10.