

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра архітектури та просторового планування

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри АтПІ

Жовква О. І.

«     »     2022 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

випускника освітнього ступеня «МАГІСТР»

спеціальності 191 "Архітектура та містобудування"

Тема: »Теоретичні основи формування поселень на Марсі«

Виконавець: Карпенко Тарас Віталійович, магістрант групи Ар-202М ФАБД

Науковий керівник: Марковський Андрій Ігорович д. арх., доцент

Керівник: Хлюпін О.А., ст. викладач

Консультанти з окремих розділів дипломної роботи і пояснювальної записки:

Конструктивна частина: Мартинів В'ячеслав Леонідович, д.т.н., професор

ІКТ та BIM-технології: Гордюк Іван Васильович, старший викладач

Охорона навколишнього середовища: Дмитруха Тетяна Іллівна, к.т.н., доц.

Охорона праці та безпека життєдіяльності: Федина Василь Петрович, к.т.н.,

доцент

Нормоконтроль: Костюченко Ольга Анатоліївна, канд. архітектури, доцент

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра архітектури та просторового планування

Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»

(шифр, найменування)

Спеціальність 191 «Архітектура та містобудування»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Марковський А. І.

« 1 » вересня 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Карпенко Тарас Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи "Теоретичні основи формування поселень на Марсі" затверджена наказом ректора від «13» вересня 2022 р., № 2184/ ст.

2. Термін виконання роботи: з 15 жовтня 2022 р. по 29 лист. 2022 р.


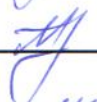




3. Вихідні дані до роботи: літературні джерела; дисертаційний фонд; Інтернет-ресурси; опорний план місця проектування; матеріали фотофіксації місцевості та об'єктів, що розташовані поряд з об'єктом проектування; графічні матеріали та результати обстеження місця розміщення об'єкту проектування.

4. Зміст пояснювальної записки: анотації українською та англійською мовою; перелік використаних термінів та скорочень; вступ; огляд використаних джерел, наявного досвіду та вибір напрямків дослідження; загальна методика та основні методи дослідження; відомості про проведені теоретичні та/або експериментальні дослідження; аналіз та узагальнення результатів дослідження; методичні рекомендації щодо застосування результатів дослідження у архітектурному проектуванні; вихідні дані для експериментального проектування; архітектурно-планувальне рішення; конструктивно-технічне рішення; використання ІКТ, САПР та BIM-технологій; охорона навколишнього середовища; охорона праці та безпека життєдіяльності; список використаних джерел; додатки (копії опублікованих праць, акти впровадження, додаткові матеріали, альбом креслень (ф. А3) – окремо).















5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: 3 планшети розміром 600x840: презентація ходу наукового пошуку та його результатів; ситуаційний план, схема розміщення території об'єкта в системі міста; генеральний план (М 1:500); планувальні рішення (М 1:100, 1:200, 1:500); фасади (М 1:100, 1:200); архітектурно-конструктивні розрізи (М 1:200); наочні зображення об'єкту (перспектива чи аксонометрія); інтер'єри приміщень.



## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Збирання вихідних матеріалів, аналіз джерельної бази. Вибір напрямків дослідження. План-проспект дипломної роботи	08.10.2022р.	
2	Затвердження ескізу дипломного проекту	15.10.2022р.	
3	Затвердження експозиції графічної частини та текстових матеріалів	22.10.2022р.	
4	Виконання пояснювальної записки та підготовчих супровідних матеріалів	29.10.2022р.	
5	Попередній захист дипломної роботи	18.11.2022р.	
6	ЕК, захист дипломної роботи	29.11.2022р.	

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ		Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
			Завдання видав	Завдання прийняв
I	Наукова частина	Д. арх., доцент кафедри АтПП, Марковський Андрій Ігорович		
II	Архітектурна частина	Старший викладач кафедри АтПП, Хлюпін Олександр Анатолійович		
III	Конструктивна частина	Д.т.н., професор кафедри АтПП, Мартинов В'ячеслав Леонідович		
IV	ІКТ та BIM технології	Старший викладач кафедри АтПП, Гордюк Іван Васильович		
V	Охорона навколишнього середовища	К.т.н., доцент кафедри екології Дмитруха Тетяна Іллівна		
VI	Охорона праці та безпека життєдіяльності	Доцент кафедри цивільної та промислової безпеки, к.т.н., доцент, Федина Василь Петрович		
VII	Нормоконтроль	Доцент кафедри АтПП, Костюченко Ольга Анатоліївна		

8. Дата видачі завдання: «    »    2022 р.

Науковий керівник дипломної роботи Марковський А. І. (підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання Карпенко Тарас Віталійович (підпис виконавця) (П.І.Б.)

## АНОТАЦІЯ

Карпенко Т.В. Теоретичні основи формування поселень на Марсі.– Рукопис. Дипломна робота магістра з архітектури та містобудування зі спеціальності 191 «Архітектура та містобудування», освітньо-професійної програми «Дизайн архітектурного середовища». – Національний авіаційний університет. Київ, 2022.

У роботі досліджено теоретичні основи формування поселення на Марсі. З'ясовано передумови формування поселення, зіставлено кліматичні та фізичні показники планет Землі та Марсу з фізіологічних позицій організму людини і на цій основі виявлено проблемні аспекти формування поселень на планеті, вплив географічного розташування, розглянуті ресурси, які можливо отримати на поверхні Марсу. Розглянуто перспективне отримання енергоресурсів, видобуток води, повітря та продовольства. Визначені перспективні підходи та способи щодо реалізації дизайну архітектурного середовища.

Описані головні вимоги до формування поселень на Марсі, що повинні утворити сприятливе для існування людини середовище. Виділено основні особливості проектування, які вплинуть на майбутнє поселення: види зв'язків між будівлями, способи будівництва та зведення житлового середовища, необхідне облаштування інфраструктури та обладнання території, захист будівель від радіації, надмірного тиску та аварійних ситуацій. Також автор пропонує свою ідею дизайну архітектурного середовища майбутнього поселення.

*Ключові слова: колонізація планет, архітектурне середовище, архітектурний дизайн, Марс, житло, можливості формування поселень, концептуальне бачення.*

## ABSTRACT

Karpenko T.V. Theoretical foundations of the formation of settlements on Mars. - Manuscript. Master's thesis in architecture and urban planning, specialty 191 "Architecture and urban planning", educational and professional program "Architectural Environment Design". - National Aviation University. Kyiv, 2022.

The paper examines the theoretical foundations of settlement formation on Mars. The prerequisites for the formation of a settlement were clarified, the climatic and physical indicators of the planets Earth and Mars were compared from the physiological positions of the human body, and on this basis, problematic aspects of the formation of settlements on the planet were identified, the influence of geographical location, resources that can be obtained on the surface of Mars were considered. Prospective obtaining of energy resources, production of water, air and food are considered. Prospective approaches and methods for implementing the design of the architectural environment are defined.

The main requirements for the formation of settlements on Mars, which should create an environment favorable for human existence, are described. The main features of the design that will affect the future settlement are highlighted: types of connections between buildings, methods of construction and erection of the living environment, necessary arrangement of infrastructure and equipment of the territory, protection of buildings from radiation, excessive pressure and emergency situations. The author also offers his idea for the design of the architectural environment of the future settlement.

*Key words: planetary colonization, architectural environment, architectural design, Mars, housing, possibilities of settlement formation, conceptual vision.*

## Зміст

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ВИКЛАД ЗАГАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ТА ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ. ....	14
1.1 Аналіз джерельної бази .....	14
1.2. Методи й методика .....	16
РОЗДІЛ 2. ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОСЕЛЕННЯ НА МАРСІ .....	19
2.1. Проблемні аспекти формування поселень на Марсі .....	19
2.2. Вплив факторів середовища на розташування поселення .....	21
2.3. Виробництво ресурсів життєдіяльності людини на Марсі .....	24
2.5. Перспективне бачення дизайну архітектурного середовища поселення Марсу.....	29
2.5.1. Утворення поселень на поверхні планети .....	29
2.5.2. Утворення "підземних" поселень .....	32
2.6. Принципи формування середовища проживання .....	34
Висновки до 2 розділу .....	36
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В АРХІТЕКТУРНОМУ ПРОЄКТУВАННІ..	37
3.1. Архітектурне середовище поселень на Марсі: концептуальне бачення та можливості формування.....	37
3.2. Дизайн архітектурного середовища житлового простору поселень на Марсі.....	43
Висновки до 3 розділу .....	47
РОЗДІЛ 4. АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ ОБ'ЄКТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ.....	49
4.1. Вихідні дані для проектування .....	49
4.1.1. Природно-кліматичні особливості ділянки забудови .....	49
4.1.2. Геодезичні та гідрогеологічні дані.....	55
4.2. Розташування ділянки проектування.....	56
4.2.1. Ситуаційний план .....	56
4.2.2. Генеральний план.....	58
4.3. Проектні рішення .....	59

4.3.1. Архітектурна ідея об'єкту проєктування .....	59
4.3.2. Функціонально-планувальна організація об'єкту проєктування.....	62
4.3.3. Об'ємно-просторова організація об'єкту проєктування.....	65
4.3.4. Зовнішнє та внутрішнє опорядження будівлі .....	65
4.4. Заходи безпеки .....	66
4.5. Техніко-економічні показники об'єкту проєктування .....	67
Висновки до 4 підрозділу .....	67
<b>РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ.....</b>	<b>69</b>
5.1. Загальні характеристики конструктивного рішення .....	69
5.1.1. Конструктивна схема будівлі .....	69
5.1.1. Несучий каркас.....	70
5.1.2. Фундаменти та їх конструкції .....	71
5.1.3. Вертикальні комунікації.....	72
5.1.4. Грані та перегородки. ....	74
5.1.5. Перекриття та підлоги. ....	77
5.1.6. Покрівля.....	77
5.2. Загальні характеристики технічних рішень .....	78
5.2.1 Опалення і вентиляція та їх конструктивне забезпечення .....	78
5.2.2 Заходи для забезпечення високого рівня енергоефективності будівель .....	78
5.2.3. Постачання кисню .....	79
5.2.4. Водопостачання та водовідведення .....	80
5.2.5. Електропостачання .....	81
Висновки до 5 підрозділу .....	83
<b>РОЗДІЛ 6. ІКТ ТА ВІМ-МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ.....</b>	<b>84</b>
Висновки до 6 підрозділу .....	86
<b>РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....</b>	<b>87</b>
Висновки до 7 розділу .....	90
<b>РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....</b>	<b>91</b>
8.1. Небезпечні та шкідливі фактори при будівництві та експлуатації поселення на Марсі .....	91

8.2. Організаційні та технічні заходи по усуненню небезпечних та шкідливих чинників.....	93
Висновок до 8 розділу .....	98
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	100
Додаток А. Копії публікацій .....	104
Додаток Б. Альбом креслень.....	112



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

In situ (In situ — з лат. — на місці) — у дослідженні космосу визначається як збирання, обробка, зберігання та використання матеріалів, що зустрічаються протягом космічних досліджень. Внаслідок цього зникає необхідність доставляти їх із Землі. Такі ресурси можуть застосовуватися для системи підтримки життєдіяльності, виготовлення ракетного палива, матеріалів будівництва, енергії для космічних апаратів.

MOXIE (Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment) — марсіанський експеримент із киснем, технологічний демонстратор для перевірки можливості вироблення кисню з атмосфери Марса[1], встановлений на марсоході «Персеверанс». Кисень буде потрібно в майбутніх пілотованих місіях для використання як окислювач палива і для дихання астронавтів, для незалежності місії від поставок кисню з Землі.

Зрізаний октаедр — напівправильний многогранник, відноситься до архімедових тіл, що складається із 8 правильних шестикутників і 6 квадратів. В кожній із 24 вершин сходяться дві шестикутні грані і один квадрат. Кількість двотипних ребер налічує 36 штук, 24 з яких розділяють шестикутник і квадрат і 12 розділяють два шестикутника. Так само як і куб, зрізаний октаедр може заповнити собою безостаточно тривимірний простір.

Марс – четверта планета Сонячної системи за відстанню від Сонця та сьома за розміром і масою.

Реголіт – являє собою шар пухких, неоднорідних поверхневих накопичень, що покривають тверду породу.

Стільник — це заповнення простору многогранниками, що не перетинаються, при якому не залишається незаповненого простору. Це узагальнення математичного поняття мозаїка або паркет на будь-яку розмірність. Будь-який скінченний однорідний многогранник можна спроектувати на його описану сферу, що дасть однорідний стільник у сферичному просторі.

## ВСТУП

**Актуальність.** Планета Земля в майбутньому може зіткнутися з перенаселенням, за останнє десятиліття населення вже зросло на 2 мільярди, нас вже майже 8 мільярдів. За оцінками ООН населення на Землі перевищить 10 мільярдів в кінці століття. Перенаселення планети зможе привести нас до нестачі, води, їжі та інших ресурсів, епідемій й також до нових війн. Сказане – це лише питання часу. Тому постає проблемне питання, як врятувати цивілізацію від її можливої соціального колапсу, який може призвести до глобальної катастрофи. Одним із можливих перспективних варіантів розв’язання цієї проблеми є колонізація іншої планети.

Однією з найдоступніших планет для людської колонізації є Марс – четверта за розмірами планета в сонячній системі і одна з найближчих до Землі. З усіх планет сонячної системи Марс є найбільш придатним для колонізації, його розташування є найближчим, показники для підтримки життя є найкращими з-поміж інших планет та, найголовніше, має в різному агрегатному стані усі необхідні ресурси для створення сприятливих умов життєдіяльності людини. Наявність цих показників уможливають проживання людей на Марсі і є менш екстремальними, «простішими», ніж у відкритому космосі.

Це робить планету Марс пріоритетною і більш доступною з позицій мінімізації енергетичних витрат та технологій, які знадобляться під час її практичного освоєння та заселення людьми. Адже у перспективі цілком можливо, що на Марсі створюватимуться перші колонії для проживання людей.

Колонізація може бути вигідною у плані розвитку технологій, оскільки підготовка місії для колонізації вимагатиме неабиякого їх розвитку: використання ресурсів, отримання їжі та води, переробка атмосфери, системи електропостачання, утворення середовища проживання та необхідної інфраструктури в екстремальних умовах, підтримка існування колонії та її зв’язок з Землею.

Освоєння Марсу принесе людству неабиякий практичний досвід у

використанні технологій для колонізації інших планет сонячної системи, які в подальшому також знадобляться людству для дослідження й освоєння інших планет галактики.

Колонізація Марсу може стати наступним подвигом людства і скоріше за все має відбутися у цьому столітті. На цей час вже проведено чимало місій для дослідження середовища цієї планети. Було з'ясовано природні та екологічні показники, на основі яких можливо провести їх порівняльний аналіз з показниками Землі, розглянути їх вплив на розміщення майбутнього поселення, з'ясувати які з наявних ресурсів (енергія, вода, їжа, паливо, копалини) стануть в нагоді колоністам, що зменшить залежність колонії від Землі. Також важливим є визначення перспективних підходів щодо реалізації дизайну архітектурного середовища поселень на Марсі та технологій для створення і підтримки житлового середовища у агресивних умовах марсіанського проживання.

Тому потрібно з'ясувати концептуальне бачення житлового середовища поселення на Марсі та його можливості формування відповідно до специфічних умов проживання на планеті.

**Мета дослідження** – визначити теоретичні основи формування поселень на Марсі (колоній) з позицій перспективного бачення планетарного архітектурного дизайну та просторового планування.

**Завдання дослідження:**

- 1) вивчити сучасний стан досліджуваної проблеми;
- 2) виявити проблемні аспекти формування поселень на Марсі;
- 3) визначити перспективні підходи щодо реалізації дизайну архітектурного середовища поселень на Марсі;
- 4) розробити методичні рекомендації щодо основ формування архітектурного середовища поселення на Марсі;
- 5) апробувати одержані результати у експериментальному проектуванні.

**Об'єкт дослідження:** житлова архітектура, адаптована до планетарних умов Марсу.

**Предмет дослідження:** формування поселень на Марсі.

**Методи дослідження:** аналіз літературних джерел, класифікації, порівняння, індукції, дедукції, фізичного моделювання, експериментального проектування, формалізація, графоаналітичний метод.

**Наукова новизна одержаних результатів дослідження:**

**вперше:**

- розроблено методичні рекомендації щодо використання теоретичних основ формування поселень на Марсі

- запропоновано концептуального бачення середовища проживання завдяки модульних конструкцій у вигляді стільника

**вдосконалено:** методи формування архітектурного середовища на основі отриманих даних та факторів, перспективні підходи та способи щодо реалізації дизайну архітектурного середовища.

**набуло подальшого розвитку:** формування середовища проживання на планетах сонячної системи.

**Практичне значення одержаних результатів**

Розроблено методичні рекомендації щодо формування архітектурного середовища поселення на Марсі, які можуть бути використані при побудові поселення на планеті. Нам відомі екстремальні умови проживання на планеті, але завдяки запропонованим архітектурним рішенням, які надають захист від негативних факторів, та забезпечують житлове середовище всім необхідним, можливо створити комфортне житло для проживання людей.

**Апробація і впровадження результатів дослідження.** Результати дослідження доповідалися Міжнародному науково-технічному форумі «Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика» (Київ, 26-27 жовтня 2021 року), XII Міжнародній науково-практичній конференції «Архітектура та екологія» (Київ, 9-11 листопада 2021 року), Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Політ. Сучасні проблеми науки» (Київ, 3-5 травня 2022 року).

**Публікації.** Основні результати дослідження опубліковано у 4 публікаціях, зокрема у 1 статті у фаховому виданні із списку ВАК України та 3 тезах доповідей.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, восьми розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Містить 117 сторінки друкованого тексту. Кількість використаних рисунків – 43. кількість таблиць – 6, список використаних джерел – 33 найменувань.



## РОЗДІЛ 1. ВИКЛАД ЗАГАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ТА ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.

### 1.1 Аналіз джерельної бази

Останнім часом зростає кількість досліджень та публікацій, пов'язаних з різними аспектами колонізації Марсу та формуванням перших поселень на ньому, які вносять значний внесок в розвиток технологій для майбутнього освоєння планет сонячної системи. Проведені дослідження дають змогу застосувати їхні дані для з'ясування концептуального бачення та можливостей формування поселень на Марсі.

Для повноцінного функціонування поселення потрібно забезпечити його киснем, водою, іншими ресурсами, та системами регулювання мікроклімату. Тому в світі активно проводяться дослідження в яких винаходять методи та способи по отриманню цих ресурсів на Марсі та їх використання.

У статті «Ресурси на місці для будівництва інфраструктури на Марсі: огляд» авторами якої є [Jiawen Liu](#), [Hui Li](#), [Lijun Sun](#), та інші, було розглянуто будівельні матеріали та можливі методи будівництва на Марсі. Марсіанський ґрунт, базальт є матеріалами, які можливо використати для будівництва поселення за допомогою робототехніки, вони витримують умови екстремального середовища Марсу. Також розглянуто виробництво ядерної, сонячної, вітряної енергії. [18]

У 2021 році був проведений експеримент MOXIE на марсоході «Пресерванс» та мав успішний результат. MOXIE [Марсіанський експеримент використання кисню на місці (ISRU)] — це перша демонстрація ISRU на іншій планеті, яка виробляє кисень шляхом електролізу вуглекислого газу в атмосфері Марса. Розширений MOXIE сприятиме сталому дослідженню Марса людиною, виробляючи на місці десятки тонн кисню, необхідного для ракети, яка транспортуватиме астронавтів із поверхні Марса, замість того, щоб запускати сотні тонн матеріалу з поверхні Землі, транспортувати необхідний кисень на Марс. У статті «Марсіанський кисневий експеримент ISRU (MOXIE)»

розглядається досягнення MOXIE і наслідки для більш масштабних систем виробництва кисню. [16]

У науковій роботі «Використання ресурсів Mars Colony in situ : інтегрована архітектурно-економічна модель» - [Robert Shishko](#), [René Fradet](#), [Sydney Do](#), та інші, розповідається про потенціал видобутку води/льоду, яку можливо буде видобувати з ґрунту на Марсі.[25]

Середовище існування на поверхні Марсу слугуватиме астронавтам «домівкою», забезпечуючи внутрішній простір для всіх життєвих функцій екіпажу та служачи основним місцем для виконання його місій. Для кожного члена екіпажу потрібний відповідний об'єм приміщень, який забезпечить розміщення всіх необхідних систем і потреб команди в проживання. Команда Lunar Architecture в своїй роботі «Оцінка об'єму середовища існування» провели аналіз, за допомогою якого вони отримали вимоги до загального житлового об'єму, на члена екіпажу, для середовища проживання на поверхні Місяця, ці показники також можливо використати для створення поселення на Марсі. Був проведений розрахунок об'єму на кожне необхідне приміщення в житловій одиниці поселення. [21]

Раніше нами були опублікована праця «Проблемні аспекти формування поселень на Марсі», в якій було наведено порівняння природних та фізичних показників планет Землі та Марсу, за результатами досліджень видно, що Марс має подібні та відмінні риси з Землею: інший склад атмосфери, менший тиск, незначне магнітне поле, яке не зможе захистити від радіації, мала гравітація, та інша тривалість днів, сезонів, та року. Також в наступній нашій праці «Передумови формування поселень на Марсі» ми запропонували та порівняли два підходи щодо реалізації дизайну архітектурного середовища поселень на Марсі: 1) утворення поселення на поверхні планети, 2) утворення "підземного" поселення, та назвав доступні технології завдяки яким можливо реалізувати поселення.[2-4]

Марк Мітчелл Коен у статті «Архітектура першого марсіанського середовища проживання» представлено огляд концепцій дизайну житла для

проживання та дослідження Марса, які відображають обґрунтування дизайну за чверть століття від 90-денного дослідження у 1989 році до кампанії Evolvable Mars у 2015 році. Місця для проживання на Місяці та Марсі часто мають багато спільного; обговорення стратегій життя та роботи людей на Марсі, як і раніше, пов'язане з аналогічними місіями попередників людини на Місяць, які тестують прототип обладнання для Марса. У цьому огляді ці архітектури докільця оцінюються з точки зору їх вирішення ключових проблем проектування та експлуатації. [19]

## 1.2. Методи й методика

В магістерській науковій роботі, залучено основні методи теоретичного пізнання (аксіоматичний, сходження від абстрактного до конкретного) та загальнологічні методи та прийоми написання (аналіз та синтез, індукція та дедукція). Також, використовується такий емпіричний метод, як порівняння.

Визначивши тему дипломної роботи «Теоретичні основи формування поселення на Марсі», були поставлені задачі щодо структури роботи для правильної послідовності дослідження з виділенням основних моментів, з отримання висновків. Ключовим було розробити методичні рекомендації щодо формування поселень на Марсі, та на основі цих досліджень запропонувати свою модель поселення.

Першим завданням є збір та **аналіз інформації**: природно-кліматичних особливостей, можливе використання енергоресурсів, етапи колонізації, можливості тераформування, основні чинники, які впливатимуть на проживання людини, ресурсів які можливо використовувати на місці (in situ).

Після збору інформації, наступним етапом є **порівняння** природно-кліматичних та астрономічних особливостей Землі та Марсу, за для знаходження різниці в умовах проживання людей на планетах, **проаналізовано** та з'ясовано джерела електроенергії, способи видобудку води та повітря, вплив та особливості місця розташування і зміна географічної широти на поселення.

Третім етапом необхідним було *проаналізувати та порівняти* актуальні, пропоновані житлові середовища на Марсі, на основі них виявити перспективні підходи, щодо формування поселення на Марсі (підземні та надземні поселення). Використаний *метод класифікації*, для зрівняння та виявлення переваг та недоліків способів формування, зведення та будівництва поселень.

Методичні рекомендації було розроблено за допомогою методів аналізу, індукції, формалізації та графічного методу. *Метод аналізу*: з'ясовано основні вимоги щодо формування поселення, обладнання, яке повинно бути розташоване на території для життєзабезпечення поселення, методи захисту житлового середовища від негативних чинників Марсу, *метод індукції*: розгляд поселення на Марсі як суми його складових (тобто, взаємопов'язаних функціональних блоків), що мають вплив на його загальну архітектурно-планувальну організацію, *формалізація*: встановлення закономірності між вивченими фактами, забезпечення спільності підходів до вирішення архітектурно-планувальної організації поселень на Марсі, *графоаналітичний метод*: систематизації та викладення матеріалу. На основі висновків, розроблюється пропозиціне рішення житлового середовища.

Апробування одержаних результатів здійснювалося за допомогою експериментального проектування. *Експериментальне проектування* (метод наукового дослідження у магістерській роботі, який пов'язаний зі створенням штучних умов перебування людини на Марсі.) Також при апробуванні були використаний *метод дедукції*: планування функціональних зон поселення на Марсі на основі загальних відомостей основних цілей та завдань по здійсненню місії на планету. Залучено метод *фізичного моделювання*: синтез функціонально-просторової характеристики поселення з умовами проживання середовища Марсу.

## Висновки до 1 розділу

Отже, в першому розділі було проаналізовано джерельну базу, та методи дослідження проекту.

Проаналізовану джерельну базу в якій було досліджено: наявність ресурсів, для видобування на Марсі, способи отримання електроенергії, отримання повітря на Марсі шляхом електрорізу, видобування води з льоду, об'єм приміщень поселення для мешканців планети, підходи щодо реалізації дизайну архітектурного середовища.

На основі визначених завдань дипломної роботи були використані методи дослідження:

- 1) Метод аналізу;
- 2) Метод аналізу, порівняння;
- 3) Метод аналізу, порівняння та класифікації;
- 4) Метод аналізу, індукції, формалізації, графоаналітичний метод;
- 5) Експериментальне проектування, Метод дедукції, Фізичного моделювання;

Найбільш використовуваний метод – це метод аналізу, без нього неможливо було б зрозуміти існуючий стан середовища на Марсі, можливе використання системи та обладнання, способи будівництва. Після аналізу використовувалися вже інші методи, такі як: класифікації, дедукції, індукції, порівняння, експериментального проектування, фізичного моделювання, формалізація, графоаналітичний метод.



## РОЗДІЛ 2. ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОСЕЛЕННЯ НА МАРСІ

### 2.1. Проблемні аспекти формування поселень на Марсі

Оскільки природні метеорологічні показники на планеті Марс суттєво відрізняються від земних, то їх порівняльний аналіз (табл. 1) з метою виявлення конкретних відмінностей, з якими матимуть справу перші колоністи Марса і які впливатимуть на умови їх проживання, є доцільним і корисним.

Таблиця 2.1.

#### Порівняння природних умов планет Земля та Марс

Основні кліматичні та фізичні показники	Земля	Марс
Склад атмосфери	Азот (N <sub>2</sub> , 78,08 % об.) і кисень (O <sub>2</sub> , 20,95 % об.). Решта – це аргон (0,93 % об.) та вуглець (CO <sub>2</sub> , 0,03 % об.) з неонем, гелієм, метаном, криптоном, воднем та невеликими домішками інших газів (разом – до 0,01 %).	Атмосфера Марса на 95,9 % складається з вуглецю, близько 1,9 % припадає на частку азоту і 2 % – аргону. Вміст кисню – 0,14 %.
Атмосферний тиск	101 325 Па	700 – 1155 Па
Температура	Максимальна: 56,7° С. Середня: 14° С. Мінімальна: -89,2° С.	Максимальна: 35° С. Середня: -63° С. Мінімальна: -153° С.
Вітри	Середня швидкість: 5–10 м/с.	Середня швидкість: 2–10 м/с.
Сила тяжіння	9,81 м/сек(кв) (g)	3,71 м/сек(кв) (0,378 від земної)
Магнітне поле	Напруженість магнітного поля: 50 000 гам	Напруженість магнітного поля: (60 – 120) гам
Вода	Велика частка води зосереджена в океанах і морях, значно менше – в річкових мережах, озерах, болотах і підземних водах. Також великі запаси води є в атмосфері, у вигляді хмар і водяної пари.	Єдиним місцем, де може існувати рідка вода, є гіпотетичне озеро під Південним плато. Також є джерела води в твердому стані на полярних шапках планети.
Пори року	Має чотири пори року (зима, весна, літо, осінь) тривалістю по 3 місяці кожна	Складається з чотирьох пор року: весна – 7 земних місяців, літо – 6 земних місяців, осінь – 5,3 земних місяці, а зима – більше 4-х земних місяців.

Повний оберт навколо своєї осі (тривалість доби)	24 год. 00 хв. 00 сек.	24 год. 37 хв. 22,6 сек.
Період обертання навколо Сонця (тривалість року)	365 днів 5 год. 48 хв. 46 сек.	686,98 земних днів (~1,88 земних років)

Марсіанський ґрунт – це дрібнодисперсний матеріал (реголіт), у якому міститься 15–20% кремнію, 12–16% заліза, близько 10% фосфору, 7% марганцю та кобальту, а також кальцій, хром, нікель, ванадій, титан, молібден, цирконій та ін.

Над поверхнею планети часто дують сильні вітри, швидкість яких доходить до 100 м / с. Через малу силу тяжіння розріджені потоки повітря можуть здійматися у великі хмари. Це може призводити до утворення пилових бурь. Через різкі перепади температур на Марсі дуже часто утворюються смерчі.

Отже, з наведених вище даних видно, що Марс має таку ж саму тривалість доби, як і на Землі. Проте, рік триває удвічі довше, тому тривалість пів року різна. Атмосфера істотно відрізняється за хімічним складом, тиск у 160 разів слабший за земний. Тому без пневмокостюму людині знаходитися на поверхні планети неможливо. Через низький тиск вода в атмосфері може бути тільки в газоподібному вигляді та збиратися у хмари. Температура поверхні Марса значно нижча за земну.

Однією з важливих відмінностей є магнітне поле – на Марсі воно слабше у 800 разів і тому не здатне захищати людей від космічної радіації, а атмосферу – від розсіювання сонячними вітрами.

Параметри марсіанського ґрунту близькі до земних. Тому можна припустити, що на марсіанському ґрунті теоретично можливо вирощувати різні рослини [4; 26].

## 2.2. Вплив факторів середовища на розташування поселення

Відповідно до умов проживання колоністів, ділянка розташування поселення на Марсі має бути безпечною та легкодоступною, мати необхідні ресурси для проживання (енергію та воду, реголіт для вирощування культур, по можливості наявність поблизу корисних копалин), низьку висоту розташування на рельєфі, стабільну геологічну ділянку, відносно теплий клімат). Також місце розташування повинно знаходитися недалеко від посадкового модуля і в перспективному регіоні з точки зору проведення досліджень планети.

Важливу роль відіграватиме розташування поселення на рівнинному рельєфі. Це в свою чергу вплине на переміщення людей та транспортних засобів на поверхні, при спокійному рельєфі на шляху пересування людей чи механізмів практично не буде перешкод, також не потрібно продумувати шляхи підйому та спуску по поверхні транспортних засобів та людей.

На основі проведеного дослідження кліматичних показників Марсу розташування середовища проживання далі від екватора має такі особливості:

- Більш нахилений кут падіння сонячного світла, відповідно до цього поселення отримуватиме менше сонячного світла. Це вплине на прилади які отримуватимуть електроенергію сонця – фотоелектричні колектори, та сонячні батареї;
- Рослини менше отримуватимуть світла, що необхідно для фотосинтезу, тому їх ефективність зменшиться;
- Позитивним аспектом є зменшення кількості шкідливої сонячної радіації, що впливає на колоністів (що може зменшити товщину огорожувальних конструкцій, які захищатимуть від сонячного випромінювання);
- Температура зазвичай знижуватиметься зі збільшенням відстані від екватора, збільшуючи потреби в енергії для опалення, але також підвищуючи ймовірність знаходження підповерхневих запасів льоду на легкодоступних глибинах (наприклад, для виробництва води).
- Вологість повітря значною мірою залежить від атмосферного тиску, а отже, і від висоти (рис. 2.1).

- Висадку колоніальних місій далі від екватору виконувати важче – доступність до полюсів з космосу нижча. Екваторіальні регіони пропонують найпростіші варіанти посадки, підйому та орбітальної підтримки.

Локальні пилові бурі можуть виникати в будь-якій точці поверхні Марса і в будь-яку пору року (сезон). Бурі найчастіше зустрічаються в регіонах південної півкулі Еллади, Ноахіса, Аргіра і Соліс, Синайської та Сирійської рівнини, а також у регіонах Північної півкулі Кліриз-Ацидалія, Ісідіс-Великий Сіріс і Цербер.

Регіональні та глобальні шторми найчастіше виникають у регіонах південної півкулі Ноаклінс-Геллеспонтус і Соліс Планум-Аргір. що вплинуть на вибір місця розташування поселення. Кліматичні дані підтверджують походження великих штормів, узагальнюючи область найбільшої штормової активності що проходить між широтами 20°Пд. ш. і 40°Пд. ш. [15].

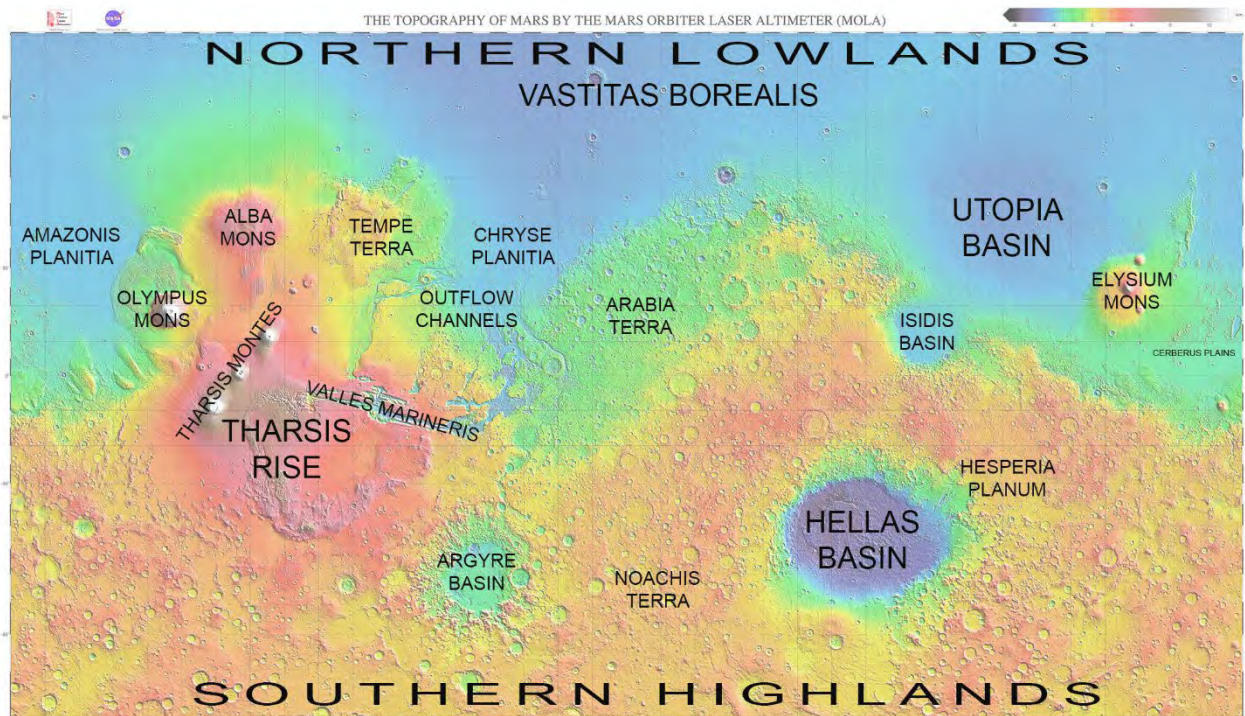


Рис. 2.1. Топографічна карта Марсу

Останнім часом були запропоновані такі місця проживання на Марсі.

- Вчені NASA в 2019 Згідно з дослідженням, опублікованим у Geophysical Research Letters запропонували місце для заснування першої марсіанської колонії. Рівнина в кратері Аркадія Планітія, сформована стародавніми потоками лави, може відповідати всім вимогам, що висуваються до місця

висадки. Тут є велика кількість льоду. Його наявність вчені вважають обов'язковою для колоністів, оскільки їм доведеться видобувати собі питну воду. Проте в той же час температура має бути досить високою, щоб люди не замерзли насмерть. Кратер Аркадія Планітія підходить за критеріями майже ідеально: тут є лід, який знаходиться всього за кілька сантиметрів від поверхні. Тому колоністам не доведеться везти із собою обладнання для видобутку льоду [5].

- Розташування поселення в екваторіальних областях. Mars Odyssey (2007) знайшов щось схоже на природні печери поблизу вулкана Арсія Монс. Було припущено, що поселенці могли б отримати користь від укриття, яке ці чи подібні їм споруди могли б їх убезпечити від радіації та мікрометеороїдів. Наявність геотермальної енергії також передбачається в екваторіальних областях [14].
- Розташування колонії в лавових трубках. Кілька можливих мансардних вікон з марсіанської лавової труби були розташовані на флангах гори Арсія. Наземні приклади вказують на те, що деякі з них повинні мати довгі проходи, які забезпечують повний захист від випромінювання, та їх відносно легко можна герметизувати за допомогою матеріалів на місці, особливо на невеликих ділянках [13].
- Западина Еллада – кругла у плані рівнина розташована в западині та має глибину 8 км, тому тиск на її дні є вдвічі вищий, ніж на поверхні планети. Завдяки цьому у цій місцевості найменший рівень фону від космічних променів на Марсі.
- Долина Маринера – гігантська система каньйонів на Марсі, які не настільки глибокі, як западина Еллада, але в ній найбільші максимальні температури на планеті, що розширює вибір конструкційних матеріалів для будівництва Колонії.



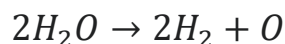
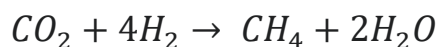
### 2.3. Виробництво ресурсів життєдіяльності людини на Марсі

Однією з проблем колонізації Марсу є доставка на планету різного роду ресурсів (продовольчі товари, паливо, вода) тому важливим фактором утворення поселення на Марсі є наявність ресурсів, адже вони відіграють ключову роль у формуванні і існуванні поселення.

На Марсі є можливість видобувати воду, атмосферний тиск планети надто низький для того, щоб рідка вода зберігалася на поверхні. Але у льодах нижче поверхні ґрунту знаходиться замерзла вода. Можна видобути зразки мерзлого ґрунту, а потім їх нагріти, щоб вода змогла перетворитися на водяну пару.

Марс може бути досить багатий на мінеральні ресурси, причому через відсутність вільного кисню в атмосфері можлива наявність на ньому багатих родовищ самородних металів: міді, заліза, вольфраму, ренію, урану, золота. А власне видобуток цих елементів може проходити набагато ефективніше і продуктивніше, ніж на Землі, оскільки, наприклад, завдяки відсутності біосфери та високому фону випромінювання можна широкомасштабно застосовувати термоядерні заряди для руйнування рудних тіл [7].

Паливо також можна не доставляти з Землі, а виробляти на Марсі *–in situ*. Наприклад, із діоксиду вуглецю, екстрагованого із марсіанської атмосфери, завдяки реакції Сабатьє можна отримати метан, що є паливом для космічних апаратів та ракет. Окисник (кисень) можна отримати електролізом води:



Для проживання людей та створення сприятливих умов для їх повсякденної життєдіяльності необхідно забезпечити їх надійними інженерними системами та системами автономного життєзабезпечення, спроектованими і реалізованими з урахуванням марсіанських умов.

#### 1) Електроенергія

Є досить багато різних можливостей для виробництва електроенергії на Марсі, однак багато традиційних методів виробництва електроенергії, які

використовуються на Землі, будуть непридатними для використання на Марсі.

Розглядаються такі варіанти отримання електроенергії на Марсі:

- Використання Сонця (сонячної енергії) – як у відкритому космосі. Сонячні батареї відносно недорогі, прості в установці та налаштуванні. Але є кілька проблем, пов'язаних із сонячними енергетичними системами: залежність від цикла дня (день-ніч), впливу туману та пилових бурь, які можуть перекрити пристроям доступ до сонця на кілька тижнів а може й місяців. Унаслідок цього отримуватиметься набагато менше сонячної енергії. Ці всі фактори обмежують їх використання, особливо, залежність від кліматичних умов Марсу.
- Технологія геотермальної енергетики добре розвинена на Землі, однак її використання на Марсі залежить від детального дослідження потенційних місць існування. Більше того, якщо є геотермальні джерела, то вони залягають на глибині кількох кілометрів. Щоб дістатися такого джерела енергії, буде потрібна величезна інфраструктура, якої на Марсі поки немає. Тому на цю технологію не слід покладатися для початкових місць проживання, але її можливо використати в майбутньому, якщо будуть знайдені місцеві геотермальні джерела поблизу створених початкових місць проживання колоністів.
- Вуглецево-кисневі паливні елементи є дуже ефективними способами зберігання енергії, навіть, якщо паливо спочатку повинно добуватися з використання електроенергії від інших джерел енергії. Паливо має вироблятися, шляхом електролізу води. Пропонується паливний елемент з регенерацією водню/кисню, який містить накопичувач газу під тиском, як найбільш придатний «кандидат» для зберігання енергії, виробленої сонячною енергією, для використання в нічний час.

Паливні елементи з окису вуглецю/кисню також є перспективними в майбутньому. За даними Clapp & Scardera (1989), незалежно від палива, паливні елементи виробляють приблизно 1,5 кВт електричної потужності на квадратний метр електрода (хоча їх ефективність постійно покращується) і

втрачають близько 25% доступної енергії через різні процеси. Враховуючи, що паливний елемент  $\text{CO}/\text{O}_2$  має приблизно 68% ККД, а звичайний електродвигун – близько 90%, ефективний ККД паливного елемента при перетворенні електроенергії в механічну роботу становить приблизно 61%, порівняно з 43% для  $\text{CO}/\text{O}_2$  дизельний двигун.

- Атомна енергетика має низку відмінних переваг порівняно з сонячними та хімічними енергетичними системами, включаючи компактні розміри, малу або помірну масу, тривалий термін експлуатації, роботу незалежно від сонячних і атмосферних умов, а також високу надійність і автономність системи. Компактні атомні електростанції здатні виробляти мегавати енергії за допомогою передових реакторних технологій, таких як реактори з твердою активною зоною. Використання атомної енергії має додаткову перевагу, оскільки генерує значну кількість тепла, яке можна використовувати безпосередньо для обігріву середовища проживання або промислових процесів. На Марсі також розвідані поклади уранових руд, які можливо використовувати як паливо.

Але потрібно зважати на безпеку використання ядерних установок. Можливо розташовувати ядерні реактори віддалено від поселення, або під поверхнею планети. Також слід враховувати радіанне екранування атомної станції. Також необхідно враховувати ефект розсіювання нейтронів і гамма-променів в атмосфері та ґрунті, що може збільшити дозу радіації. Однак від відстані між середовищем проживання і реактором буде залежати довжина його кабелю, відповідно і його маса, та його опір що вплине на кількість отриманої енергії.

Серед перелічених варіантів кращим вибором джерела енергії для первинного проживання прогностично стануть міні-ядерні реактори, перевагою яких є їх висока ефективність і незалежність від марсіанських кліматичних умов. Також для аварійних випадків можливим бачиться отримання електроенергії від механічної дії, наприклад встановити генеруючий велосипед, або інший пристрій, який колоністи можуть використати при тимчасових неполадках.

## **2) Водопостачання**

Воду на Марсі можна видобувати з ґрунту. Марсоходи ще до прибуття людини вивчатимуть ґрунт і вибиратимуть місця, сприятливі для поселення. Спеціальна апаратура нагріватиме землю до високих температур. Вода почне випаровуватися, її відокремлять від ґрунту та помістять у спеціальне сховище.

Вже видобута вода надходитиме в переробку, яка займає набагато менше часу, ніж видобуток води за новою. Тільки вода, непридатна для фільтрації, відновлюватиметься через випаровування із ґрунту. Якщо довіряти прогнозам дослідників, кожен мешканець Марсу зможе використати до 50 л води на день, що цілком достатньо для комфортного життя [1].

## **3) Повітря**

Атмосфера Марса істотно відрізняється від земної – вона менш щільна і майже на 96% складається з вуглецю, отже, дихати марсіанським повітрям люди не зможуть. Проте останні новини доводять, що кисень на Марсі добути все таки можливо.

20 квітня 2021 року перед відправкою на Марс, робот Perseverance забезпечили сімома науковими розробками, спрямованими на вивчення планети, однією з яких був MOXIE, який виробляв кисень із вуглекислого газу в атмосфері Марса за допомогою електролізу твердого оксиду. Спочатку MOXIE втягує в себе марсіанське «повітря» спеціальним насосом, потім за допомогою електрохімічного процесу відокремлює один атом кисню від кожної молекули вуглекислого газу. Для такої конверсії потрібні високі температури – близько 800° С, тому система обладнана термостійкими матеріалами, а поверхня і покрита тонким шаром золота, який відмінно відбиває інфрачервоні промені і не дає змоги високим температурам пошкодити інші частини Perseverance. Поки гази проходять через систему, MOXIE аналізує, скільки кисню вироблено, наскільки він чистий та як ефективно працює апарат. Після кожного тесту всі гази вентилуються у атмосферу Марса.

NASA стверджує, що якби MOXIE працював ефективно, вони могли б висадити на планету приблизно в 200 разів більший інструмент на основі MOXIE

разом із електростанцією, здатною виробляти 25–30 кіловат (34–40 к.с.). Протягом приблизно одного земного року ця система вироблятиме кисень зі швидкістю щонайменше 2 кілограми на годину (4,4 фунта/год) для підтримки місії людини орієнтовно у 2030-х роках [16; 27].

#### **4) Продукти харчування**

Клімат Марсу є надто суворим, щоб вирощувати їжу назовні, тому рослинні продукти харчування колоністи вирощуватимуть в теплицях, які підходять до екстремальних умов Марсу, та здатні постачати їжу для колоністів. Також за допомогою фотосинтетичних реакцій рослини забезпечать постачання кисню й видалення вуглекислого газу з середовища проживання. Крім цього з рослин можливе отримання волокнистих матеріалів для паперу та хімічних речовин для лікування.

Рослини, які вирощуватимуть, повинні підходити до клімату планети та бути захищеними від сонячного випромінювання, хоча це не є обов'язковою умовою, оскільки можливо запропонувати вирощування сільськогосподарських культур зі стійким радіаційним штамом, але невідомо чи це захистить культури від сонячного вітру.

Теплиці можуть бути прозорими, що має бути енергоефективним, оскільки забезпечиться отримання від сонця світла та тепла, але також потрібно враховувати пилові бурі, тумани що можуть закривати природне світло, але в цих випадках можливе використання штучного світла.

Закопування теплиці під землю є непоганим варіантом, це забезпечить радіаційних захист рослин, а освітлюватися будуть за допомогою освітлення, на що йтиме витрата електроенергії, але таке розташування зменшить витрати на її опалення. Крім цього перевагою такого рішення є захист від пилових бурь, метеоритів, та сонячного вітру.

Ґрунт для них використовуватиметься марсіанський (реголіт), однак його потрібно буде збагатити мінеральними добривами та позбутися перхولاتів (хімічний елемент в реголіті).



## 2.5. Перспективне бачення дизайну архітектурного середовища поселення Марсу

Насамперед дизайн архітектурного середовища поселень на Марсі повинен забезпечувати такі основні функції: проживання колоністів і їх безпеку від сонячного опромінення, утримувати тепло і атмосферу приміщень й забезпечити житло надійною автономною системою життєзабезпечення.

За результатами проведеного пошуково-аналітичного дослідження пропонується два підходи щодо реалізації дизайну архітектурного середовища поселень на Марсі:

- 1) утворення поселення на поверхні планети;
- 2) утворення "підземного" поселення [3].

### 2.5.1. Утворення поселень на поверхні планети

Такий вид "поверхневих" поселень можливо здійснити шляхом реалізації кількох технологій:

- 1) Доставка житлових капсул на Марс

Технологія являє собою доставку на Марс невеликих капсул для проживання (рис. 2.2) з автономною системою забезпечення. Цей варіант передбачає доставку вже готових для проживання модулів. Приміщення в такому об'ємі можна блокувати: кухня з теплицею, загальна кімната з житловими приміщеннями тощо.

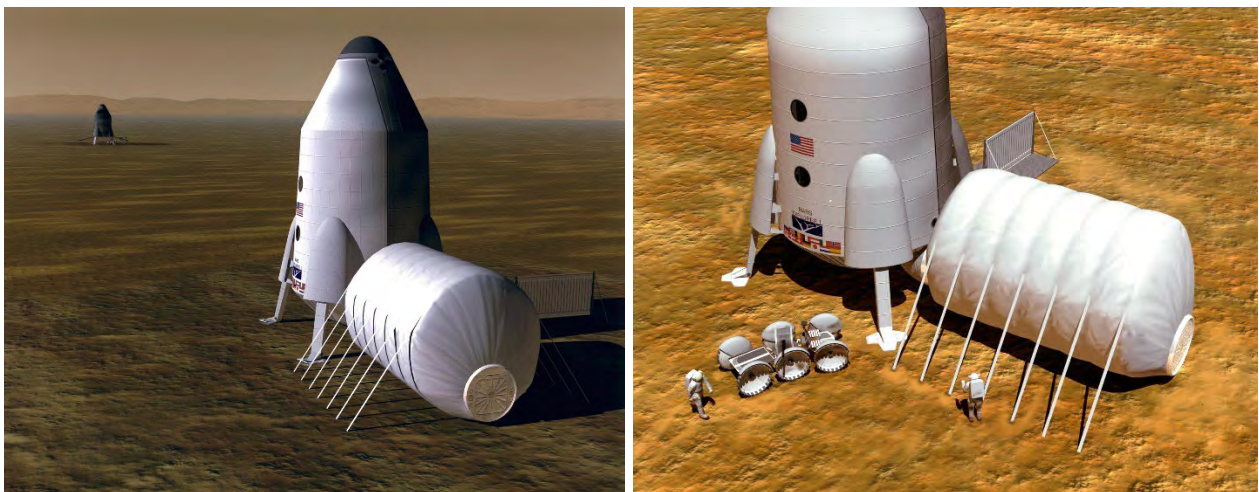


Рис. 2.2. Проект, створений для NASA Джоном Фрассаніто (1997)

Така технологія є найпростішою і найнадійнішою у виконанні, справність більшості компонентів, які можна перевірити перед відльотом з Землі, але й має свої недоліки які полягають у малій площі проживання та неможливістю її розширення.

2) Композиційне поєднання окремих модулів (секцій), доставлених з Землі чи зібраних з готових деталей безпосередньо на планеті.

Передбачено створення окремих житлових секцій та збірних деталей на Землі та доставку їх на Марс. Колоністам лише знадобиться зібрати деталі за допомогою техніки, щоб утворити житло (рис. 2.3). Також із Землі можливо доставляти з кожним разом все нові модулі й деталі, які потім з'єднувати в єдине ціле, цим самим утворювати все більшу колонію. Також цей варіант передбачає попереднє спорудження спеціальних складальних ангарів на Марсі з необхідним для життєдіяльності людини мікрокліматом.

Особливістю такої технології є поділ простору на функціональні зони та у відокремленні спеціальних приміщень в окремих модулях від інших. Наприклад, житлові приміщення розміщені в модулі який відокремлений від кухні та теплиці. У наступній секції можливо розмістити системи які забезпечують автономність проживання та лабораторію.

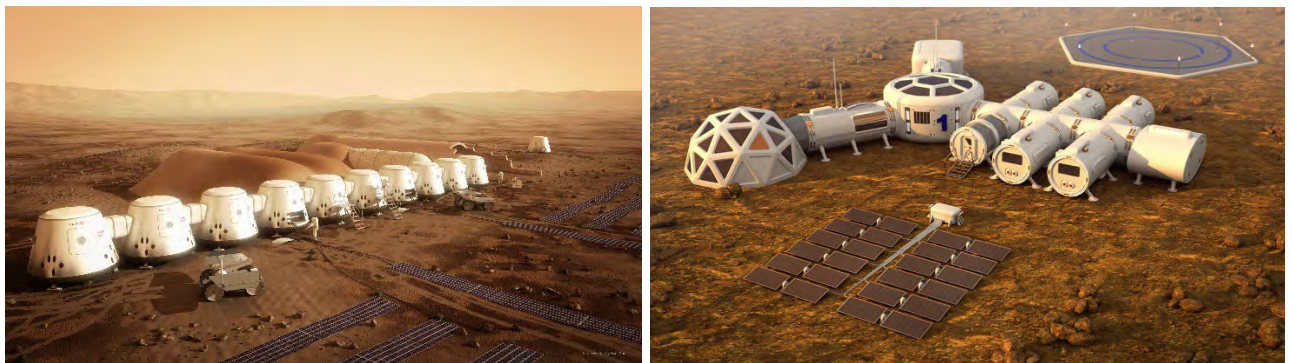


Рис. 2.3. Проєкти від Mars One

Цей спосіб є досить дорогим, оскільки вантаж, який потрібно доставити на Марс, має велику вагу. Однією з переваг такого способу є мінімальні енерговитрати на створення житла, і подальше його розширення з доставкою нових секцій до поселення.

3) Збирання з надувних конструкцій

Колоністам лише знадобиться надути доставлений вантаж за допомогою аерозолі. Надувна конструкція буде закріплюватися металевим каркасом, що надасть будівлі стійкості до впливу навколишнього середовища, також, щоб у випадку роздування забезпечити її жорсткість каркасом.

Після закінчення зведення конструкцій утвориться великий внутрішній простір (рис. 2.4). Захист від сонячної радіації може бути досягнутий за допомогою непроникних конструкцій, наприклад можна використати в будівництві стійкі до ультрафіолетового випромінювання непрозорі матеріали, або конструкції можуть бути частково закопані для досягнення комбінації цілей.



Рис. 2.4. Наукове місто Марса, розроблене архітектурним бюро BIG та командою з космічного центру Mohammed bin Rashid

Внутрішній простір надувної конструкції можливо об'єднувати в житловий простір з теплицею з використанням природного світла, але з урахуванням захисту від радіації, що було сказано раніше.

Цей варіант є простішим, вантаж, який потрібно доставити, має відносно невелику вагу. Також розробка і виробництво надувних конструкцій є нижчою щодо фінансових витрат.

4) за допомогою 3D-друкування.

Недавні дослідження довели, що можливо надрукувати житло на Марсі (рис. 2.5) за допомогою місцевих матеріалів планети. Тобто на Марс потрібно буде доставити обладнання, яке буде виконувати 3D друкування. Як матеріал можна використати сірку але цей матеріал не гарантує пожежобезпеку, та має неприємний запах.





Рис. 2.5. Проєкт MARSHA (макет марсіанського житла, надрукований на 3D-принтері)

Дослідження Массачусетського університету показали [8], що можливо використовувати для будівництва марсіанський реголіт, який потрібно змішати з білками людини (кров, слюзи, піт, сеча). Після цього утвориться матеріал базальтового волокна, який за міцністю не поступається бетону. Але не відомо на скільки корисна ідея брати в колоністів кров в умовах екстремального фізичного та психологічного стану людей.

Наведені вище технології мають як переваги так і певні недоліки. Проте, можна виділити кілька властивих ним загальних особливостей: повна автономність та герметичність модулів; мінімальний вплив на навколишнє середовище планети при будівництві; надання колоністам можливості спостерігати з вікон капсул-будівель марсіанські краєвиди; потреба у додатковому захисті будівель від космічної радіації, сонячного вітру та низької температури; отримання достатньої кількості природнього світла, геології ділянки має мінімальний вплив на розміщення житла, можливість проводити ремонт без земляних робіт, наявність горизонтального входу та виходу

Архітектурно-дизайнерські та містобудівні рішення такого поселення (міста) повністю залежатимуть від задіяної технології формування поселення. Багато з перерахованих вище проєктів середовища проживання потенційно можуть бути побудовані як «над», так і «під» поверхнею.

### **2.5.2. Утворення "підземних" поселень**

Утворення підземного поселення порівняно з попереднім варіантом формування потребує більших енергозатрат та економічних витрат, оскільки

закопування житла потребує більше праці і часу на облаштування житла. Місто можливо утворити шляхом розміщення житлових модулів у схилах пагорбів чи холмів (рис. 2.6), використання простору ущелин та зануренням модулів під поверхню планети на рівній місцевості.



Рис. 2.6. Проект міста Ньюва, розроблений студією Adiboo

Утворити поселення можливо шляхом використання печер та лавових труб, які забезпечать конструктивну стійкість для середовища проживання, також забезпечуючи збереження постійного середовища та захист від радіації.

Вибір конкретного місця для формування поселення залежатиме від результатів геологічного дослідження ділянки планети.

Перевагами такого поселення є захищеність від пилових бурь, космічної радіації, сонячного вітру, низької температури. Комунікаційне з'єднання житлових модулів таких поселень здійснюватиметься тунелями, що є більш комфортним для колоністів та не вимагає додаткового захисту від навколишнього середовища.

Більшість з цих переваг можна отримати, якщо житло, яке розміщене на поверхні, покрити шаром реголіту для захисту від радіації. Також дрібні шари марсіанського ґрунту забезпечать чудову теплоізоляцію.

З недоліків можна відзначити такі: люди під час проживання матимуть обмежений огляд краєвиду зі свого житла; розташування поселення залежить від результатів дослідження геології ділянки, як і конструктивні рішення модулів; підвищена енергозатратність, зокрема, для внутрішнього освітлення. Дизайн такого міста залежатиме від його площі і глибини занурення під поверхню планети [3].

## 2.6. Принципи формування середовища проживання

Житло, надане колоністам в марсіанському середовищі проживання, матиме значний вплив на мешканців з боку сприйняття екстремальних умов проживання. Орієнтований список приміщень в житлових модулях для забезпечення умов життєдіяльності: кухня, спальні кімнати, душ, санвузли, медичну кімнату, приміщення для контролю інженерних систем, лабораторію для дослідження природного середовища марсу, теплицю для вирощування їжі, та міні сад. Крім житлового та робочого простору, середовище проживання повинно бути забезпеченими повітряними шлюзами щоб мати доступ до виходу з житла.

Теплиці, стануть невід'ємною частиною системи життєзабезпечення, забезпечуючи колоністів свіжою їжею, а також перетворенням вуглекислого газу в кисень за допомогою звичайних рослинних процесів, вони також можуть утворювати рекреаційні притулки для колоністів для відпочинку.

Майбутнє поселення повинно містити житлові, лабораторні, офісні, комерційні приміщення, зони відпочинку, промислові будівлі, медичні заклади. Під час планування марсіанського середовища проживання необхідно буде уважно розглянути питання містобудування, пов'язані з об'єднанням медичних установ, віддалення та ізоляція спільноти, потенційно може призвести до посилення соціального стресу та відчуття соціальної ізоляції. Тому люди повинні мати можливість жити, працювати та грати в безпосередній близькості один до одного.

Кріогенні сховища повинні бути включені в середовище проживання для зберігання таких витратних матеріалів, як метан (паливо, що зберігається нижче 112°K), вуглець (паливо або початковий газ для багатьох промислових процесів, таких як процес Сабатьє (використовується в промисловості для виробництва метану), які зберігаються нижче 20°K) і кисень (окислювач палива, життєзабезпечення, що зберігається нижче 90°K).

Поселення на Марсі можливо поділити на короткострокового та довгострокового перебування.

Короткочасне перебування на поверхні Марса не вимагає, щоб середовище проживання було великого об'єму або з повним захистом від радіації. Ситуація була б схожа на Міжнародну космічну станцію, де люди отримують надзвичайно велику кількість радіації протягом короткого часу, а потім її залишають. Невелике і легке середовище проживання можна транспортувати на Марс і відразу використовувати.

Довгострокові постійні місця проживання вимагають значно більшого об'єму (наприклад, теплиці) і щільного екранування, щоб мінімізувати щорічну дозу радіації. Цей тип середовища проживання занадто великий і важкий, щоб відправити його на Марс, і його потрібно будувати з використанням деяких місцевих ресурсів. Можливості включають покриття конструкцій льодом або ґрунтом, розкопки підземних просторів або герметизацію кінців існуючої лавової труби [31].

У сформованому поселенні горизонтальними комунікаціями між житловими модулями можуть бути коридори – поверхневі чи підземні.

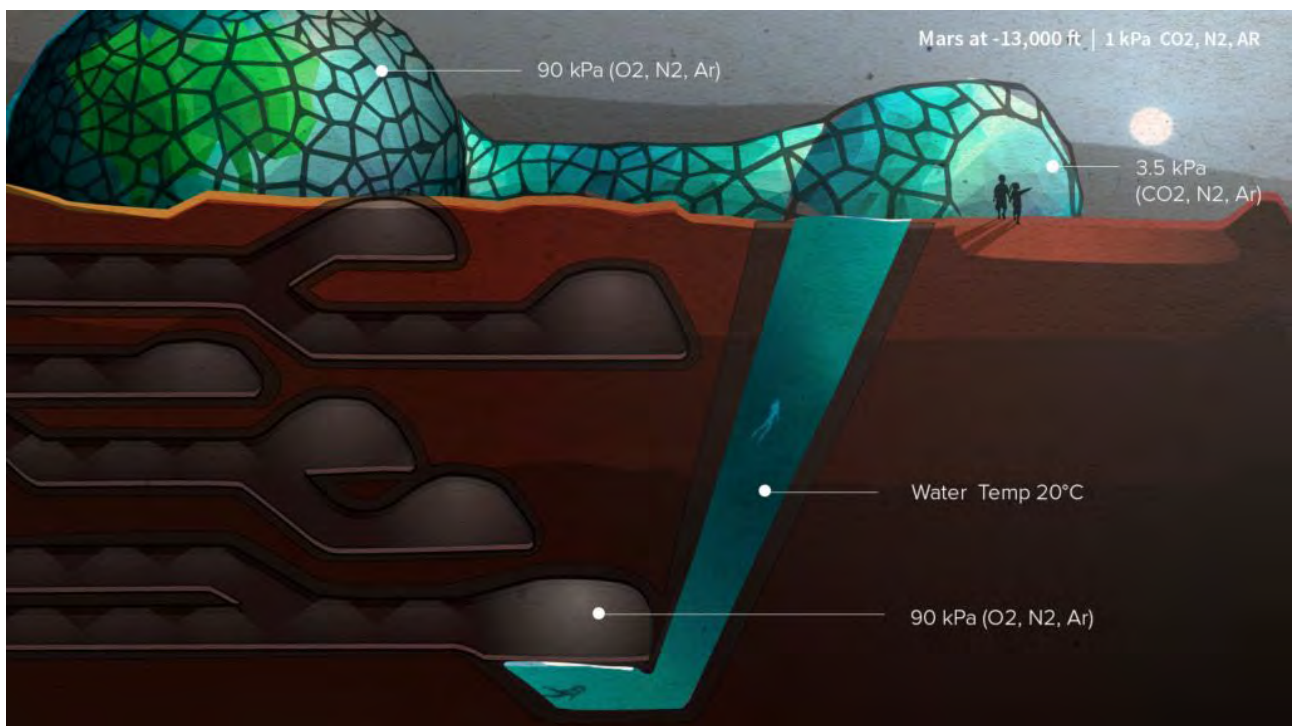


Рис. 2.7. Проєкт Redwood Forest від Valentina Sumini

Прикладом підземних коридорів є проєкт Redwood Forest від Valentina Sumini (рис. 2.7) в якому серія поселень, розташованих під куполами, з'єднані



системою підземних тунелів, створених у стилі коріння дерев. Це зможе захистити внутрішні приміщення людей від космічного випромінювання, ударів мікрометеоритів та екстремальних теплових коливань [11].

### **Висновки до 2 розділу**

Виявлено проблемні аспекти формування поселень на Марсі, в яких було порівняно кліматичні, природні та астрономічні показники Землі та Марсу. За результатами дослідження кліматичних та фізичних показників обох планет видно, що Марс має як суттєві відмінності, так і деяку подібність з параметрами Землі, що робить його однією з планет сонячної системи, придатної для існування на ній людства. Було проаналізовано залежність місця розташування від кліматичних показників та розглянуто перспективні ділянки для розташування майбутнього поселення. З'ясовано, які ресурси є в наявності планети, та які стануть нам в нагоді при утворення перших поселень. Розглянуті запропоновані джерела енергії.

Запропоновано і порівняно два підходи щодо реалізації дизайну архітектурного середовища поселень на Марсі: 1) утворення поселення на поверхні планети, 2) утворення "підземного" поселення. З'ясовано їх переваги та недоліки

Розроблено пропозиційні методичні рекомендації щодо використання наявних передумов формування поселень на Марсі.

## **РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В АРХІТЕКТУРНОМУ ПРОЄКТУВАННІ**

### **3.1. Архітектурне середовище поселень на Марсі: концептуальне бачення та можливості формування**

Концептуальне бачення середовища проживання для першого поселення на Марсі буде надзвичайно специфічним для пропонованого розташування. Навіть узагальнені проекти повинні бути специфічними для регіону (наприклад, полярна, екваторіальна, південна/північна півкуля тощо) через значні відхилення в навколишньому середовищі, які впливають на основні проектні рішення (включаючи, але не обмежуючись ними, метод виробництва електроенергії, використання природного світла, джерело води та спосіб видобутку, теплоізоляцію та систему життєзабезпечення).

Насамперед дизайн архітектурного середовища поселень на Марсі повинен відповідати основним вимогам:

- 1) Економічність – вартість створення середовища проживання повинно бути мінімальною, яка буде доступним для здійснення місії на Марс.[24]
- 2) Автономність – житлові будівлі на Марсі повинні бути незалежними від постачання ресурсів із Землі, мати власну систему електромережі, видобутку води, виведення відходів, та отримання повітря.
- 3) Аварійна безпека – створення будинків з врахуванням виникненням аварійних ситуацій.
- 4) Захист від факторів навколишнього середовища – сонячного опромінення, низької температури повітря, тиску.[18]

Нам відомо, що перша місія на Марс буде складатися з 4-х людей, тому перша колонія в такому вигляді нагадуватиме одну будівлю. Але згодом, через кожні два роки на Марс будуть здійснюватися нові польоти з якими прибуватимуть нові колоністи, та будуватиметься нове житло, що утворюватиме собою поселення, а через десятки років й ціле місто. [30]

Не менш важливим є зв'язки між будівлями в поселенні: людям які проживатимуть в поселення потрібно буде комунікувати між собою, ходити один до одного, проводити спільно час – це покращуватиме психо-емоційний стан людей, та створюватиме враження єдинства поселення. Тому слід розглянути види зв'язків між будівлями в поселенні.

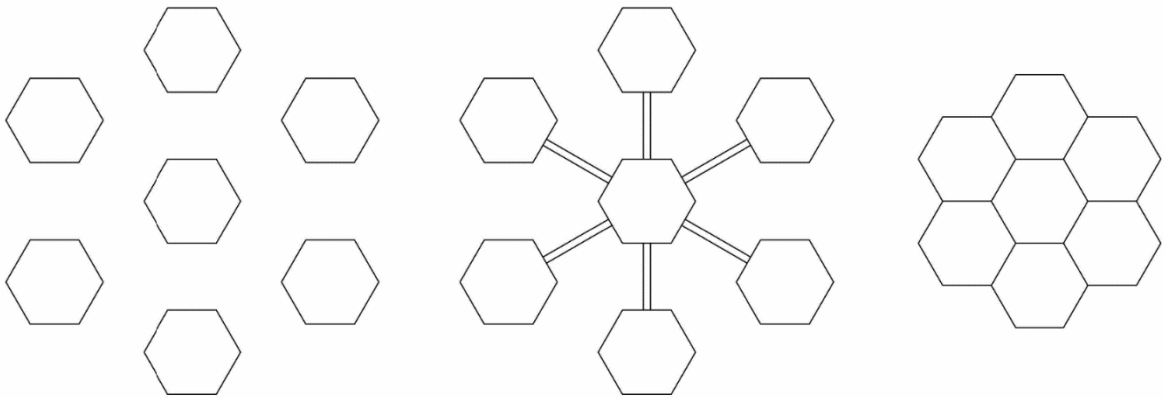


Рис. 3.8. Види зв'язків між будівлями

Можна виділити 3 типи зв'язків між будівлями поселення (рис. 3.8):

- 1) Зовнішній – цей тип не передбачає створення додаткової інфраструктури для переміщення, таким способом жителям потрібно виходити на зовні щоб потрапити в інший будинок, що є не досить зручно, при кожному переміщенні до сусідів, потрібно повністю одягати скафандр, що займає багато часу;
- 2) Коридорний – всі будівлі в поселенні будуть об'єднані за допомогою системи коридорів, для цього в кожній будівлі потрібно передбачити місце для майбутнього з'єднання з ним. Цей спосіб є досить зручним, мешканцям які за хочуть потрапити до сусідів не потрібно одягати скафандр.
- 3) Сумісний – в такому типі зв'язку поселення нагадуватиме одну цілу структуру, яка складається з будівель, об'єднаними в одне ціле, та матимуть доступ між собою через стіни. Цей тип потребує детального архітектурного, та конструктивного опрацювання, в місцях з'єднання будівель. Перевагою такого способу є коротка відстань між об'єктами, додатковий радіаційний,

термічний захист. З недоліків слід відзначити обмеженість розташування віконних отворів.

Важливо врахувати способи за допомогою яких ми можемо зводити поселення, від них буде залежати вартість і концепт-дизайн будівель.

Є три варіанти зведення середовища проживання:

- 1) Доставлені вже готові секції для проживання (модулі, капсули);
- 2) Збирання будівель з готових окремих секцій доставлених із Землі вже на Марсі, (збірні та надувні будівлі);[17]
- 3) Створено або виготовлено будівель на Марсі з місцевих ресурсів, наприклад за допомогою 3Д друкування.[25]

Територія на якій виникнення поселення, повинна бути обладнана всім необхідним для його функціонування поселення та дослідження планети.

Перш за все територія поселення повинна складатися з:

- 1) Зона посадки для ракети розташованої не менше 500 м від бази на південь або на північ від поселення, для безпеки у випадку аварії чи вибуху;
- 2) Ядерні реактори – через використання автономних систем відбуватиметься велике споживання електроенергії, тому реактори матимуть достатню потужність щоб забезпечуватимуть ціле поселення електроенергією. Вони повинні розташовуватися 500м від поселення;[12]
- 3) Кріогенні сховища для метану (паливо для ракет);[15]
- 4) Склади будівельних матеріалів, запчастин. Також потрібно врахувати специфічне сховище для зберігання наукових зразків, які можуть нести загрозу для житлового середовища.[19]
- 5) Системи життєзабезпечення та вироблення ресурсів – повітря, вода, ракетне паливо (ISRU).[12; 21; 3;]
- 6) Житлові будівлі, повинні бути обладнані шлюзами для звичайного виходу на поверхню планети, та для з'єднанням з марсоходом. [20]

До цих об'єктів потрібні прокладені доріжки, щоб полегшити пересування на Марсоході, це будуть дороги витрамбовані з ґрунту Марсу шириною в 5 м. [9]

*Захист житла від сонячної радіації.*

Одним із основних способів захисту космонавтів від впливу космічної радіації є використання пасивного екранування. Для пасивного екранування використовується фізичний матеріал, розміщений між джерелом і ціллю, щоб послабити випромінювання до того, як воно досягне цілі.

Ефективність пасивного екранування визначається трьома факторами: вибором матеріалу, товщиною та порядком його шарування. Важливість вибору матеріалу по суті випадає з наведених вище рівнянь; деякі матеріали будуть більш ефективними, ніж інші, для ослаблення космічного випромінювання. Зокрема, середовища існування, побудовані з алюмінію-2219 або чистого марсіанського реголіту, забезпечуватимуть достатній захист, але поліетилен буде значно ефективнішим.

Як правило, огорожуючі конструкції будівель, які мають більшу товщину, краще ослаблюють падаючі частинки радіації, які намагаються пройти крізь них. Фрагментація металів може покращувати екранування при помірній його товщині, те ж саме можливо спостерігати з воднем, який можливо закачати у резервуар в стінах будівель. Порядок шарування зовнішніх конструкцій також впливає на ефективність екранування. Наприклад зовнішній шар можливо зробити з реголіту, з внутрішньої сторони розташувати резервуар з алюмінію та заповнити його воднем, та скористатися перевагами всіх трьох матеріалів: реголіт забезпечує екранування, метал забезпечує структурну цілісність і утримує тиск, а збагачена воднем підкладка допомагає послабити як первинні, так і вторинні частинки радіації. [10; 28;]

Екранування віконних отворів (рис. 3.9) можливо за допомогою розрахунку куту нахилу до горизонту -  $<30^\circ$ , оскільки атмосфера забезпечує екранування  $>40$  г/см<sup>2</sup> матеріалу на нахилах, близьких до горизонту. Це дозволяє використовувати природне світло без шкоди для загальної екранізації будівлі. Це відкриває безліч потенційних можливостей для впровадження як природного світла, так і вікон для огляду території, які вважаються важливими для психологічного благополуччя людини та зв'язку з новим середовищем.

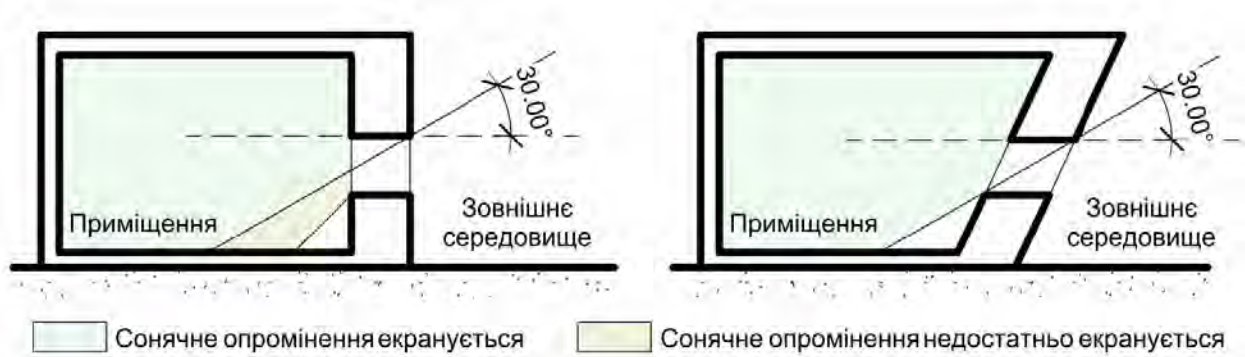


Рис. 3.9. Пасивне екранування віконних отворів

Кожна конструкція розроблена на основі цього важливого принципу, дає можливість потраплянню природному світлу у середовище існування, забезпечуючи при цьому істотний захист від надто радіаційних падаючих променів. [29]

Для захисту сонячного проміння яке недостатньо екранується, можливо за допомогою збільшення товщини стіни, та навісу над вікнами.

### Тиск

При приблизно 0,6% тиску на поверхні Землі найбільшою силою, що діє на середовище існування, є сила внутрішнього тиску в одну атмосферу, що виштовхує назовні. Це має значний вплив на форму будь-якого середовища проживання.

Зазвичай посудини під тиском мають випуклі назовні форми, виготовлені з матеріалів, що сприяють натягу, таких як сталь, алюміній або тканинні конструкції. Одні з таких є надувні конструкції — це вертикально орієнтовані конструкції у формі таблетки. Також матеріали, такі як реголіт можуть використовуватися для створення середовища проживання, вони мають здатність розтягуватися на місці при виготовленні будівель.

Під час використання цих матеріалів, наприклад реголіт/бетон, зовнішньому тиску найкраще протистояти за допомогою арки. Арка, спрямована всередину, тому є більш ефективною формою, яка стримує сили тиску повітря, як гребля стримує силу води. Арка є однією з найефективніших форм на землі, яка розподіляє вертикальні розподілені навантаження на горизонтальну тягу.

### Захист в надзвичайних ситуаціях

У суворих зовнішніх умовах дуже важливо, щоб герметичні житлові приміщення мали резервні житлові зони на випадок надзвичайної ситуації.

Швидкий вихід з приміщень у разі надзвичайних ситуацій або до зони захисту, або до окремого виходу, незалежно від того, чи то шлюз, коридор в інший відсік, чи марсоходу, Як і в земних будівлях дуже небезпечного призначення, будівельні норми вимагають доступу до двох безперешкодних шляхів виходу.

У майбутній місії на Марс астронавти братимуть активну участь в аналізі зразків гірських порід і ґрунту на поверхні планети для виявлення життя, метрології, визначення характеристик тощо. Аналіз чужорідного позапланетного матеріалу дуже небезпечний, і необхідно вжити всіх заходів, щоб

переконатися, що екіпаж захищений від потенційно смертельних патогенів.

Лабораторію можливо відокремити від громадських і приватних приміщень повітряним шлюзом і надати їй незалежні системи вентиляції. Також їх можливо розділяти за призначенням, наприклад: 1) біологічним наукам і наукам про життя, 2) призначена як інженерний, ремонтно-технічний та лікувально-профілактичний центр біотопу.[23]

### Концептуальне бачення

Одним з основних критеріїв побудови житла на Марсі є його вартість, дослідження Массачусетського університету, довели про можливість використання Марсіанського реголіту, як будівельного матеріалу, що значно знизить витрати на доставку будівельних матеріалів із Землі, та дасть змогу будувати поселення з матеріалу який знаходиться на Марсі.[8]

Запропонована конструкція середовища проживання має бути модульною у формі усіченого октаедру (рис. 3.10), що дозволяє вільне розширення поселення у вигляді своєрідної 3D сітки, це забезпечить резервування критичних систем і ізоляцію модулів в разі декомпресії, пожежі або інших аварійних ситуаціях

Модулі можуть збиратися з окремо виготовлених стін, що заливатимуться розчином з суміші утворення реголіту у спеціальних формах з армованими базальтовою арматурою, яка протидіє силам розтягування, та буде кріпитися до металевого каркасу, що утворюватиме саму форму будівлі у вигляді скошеного октаедру. Стіни повинні бути утеплені пінополістиролом, для додаткового захисту від прохолодної температури. Між утеплювачем і реголітом буде додатковий шар з алюмінію та поліетилену для додаткового захисту від сонячної радіації.



Рис. 3.10. Блокування поселення за допомогою форми скошеного октаедру

Один модуль являтиме собою одну житлову одиницю, з всім необхідним для проживання: спальні кімнати, кухня, душ, санвузли, лабораторія, тренажерний зал, шлюз, роздягальню, загальну кімнату, і вестибюльної. Під час утворення поселення, з появою попиту на інші потреби, можливо утворення модулів різного призначення (виробничі, координаційні, рекреаційні).[2]

### **3.2. Дизайн архітектурного середовище житлового простору поселень на Марсі**

Житло колоністів у марсіанському середовищі матиме значний вплив на сприйняття мешканцями екстремальних умов проживання. Якщо розглянути традиційні житлові будівлі, в яких люди мешкають на Землі, то легко бачити, що в них житловий простір створюється з урахуванням комплексу факторів впливу навколишнього середовища та умов комфортної життєдіяльності. Житлове середовище на Марсі має створюватися з тих же позицій.



Типова оселя щонайменше включає в себе такі приміщення: тамбур, кухня, вестибюль, загальна кімната, спальна кімната, ванна кімната, санвузол. На основі проведених досліджень щодо виявлення передумов формування поселення на Марсі, було з'ясовано, що для забезпечення повсякденної життєдіяльності та для здійснення діяльності щодо дослідження середовища Марсу виникає потреба в створенні додаткових приміщень: спортивна зала, теплиця, лабораторія, приміщення для контролю інженерних систем та шлюз.

Розглянемо особливості вказаних приміщень на Марсі.

Спальна кімната являє собою невелике за площею приміщення, схоже на каюту, де передбачається місце для ліжка, робочого стола зі стільцем та місця для зберігання особистих речей. (рис. 3.11.)

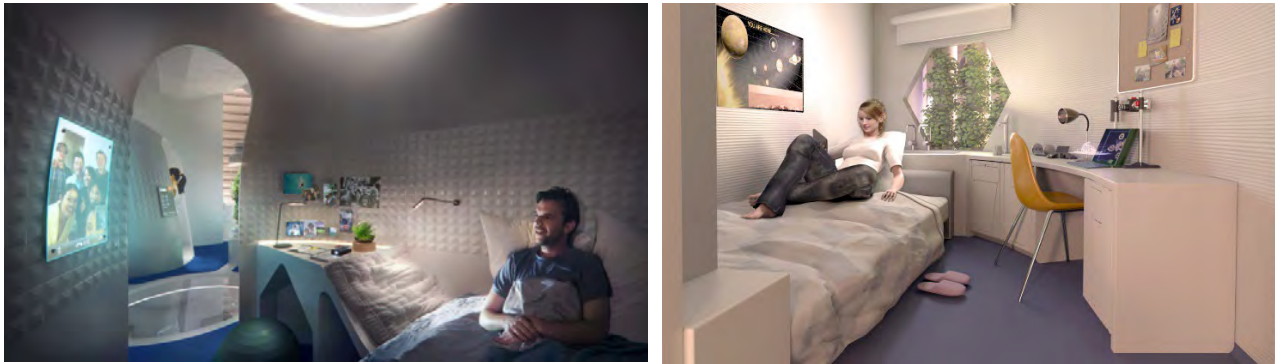


Рис 3.11. Житлові кімнати

Загальна кімната являє собою просторе приміщення для проведення часу в колективі. В приміщенні повинні бути диван або крісла, журнальний столик, шафи чи полиці для книжок. Можливим є розташування в кімнаті міні-саду для створення рекреаційного затишку та для підвищення екологічності приміщення. (рис. 3.12.)



Рис. 3.12. Загальні кімнати

Спортивна зала потрібна для підтримання фізичної форми людини в умовах низької гравітації, а її площа має розраховуватися для розміщення кількох тренажерів. Їх також можна використовувати для отримання електроенергії у випадку аварійної ситуації. Спортивну залу можливо об'єднувати із загальною кімнатою для відпочинку. (рис. 3.13.)

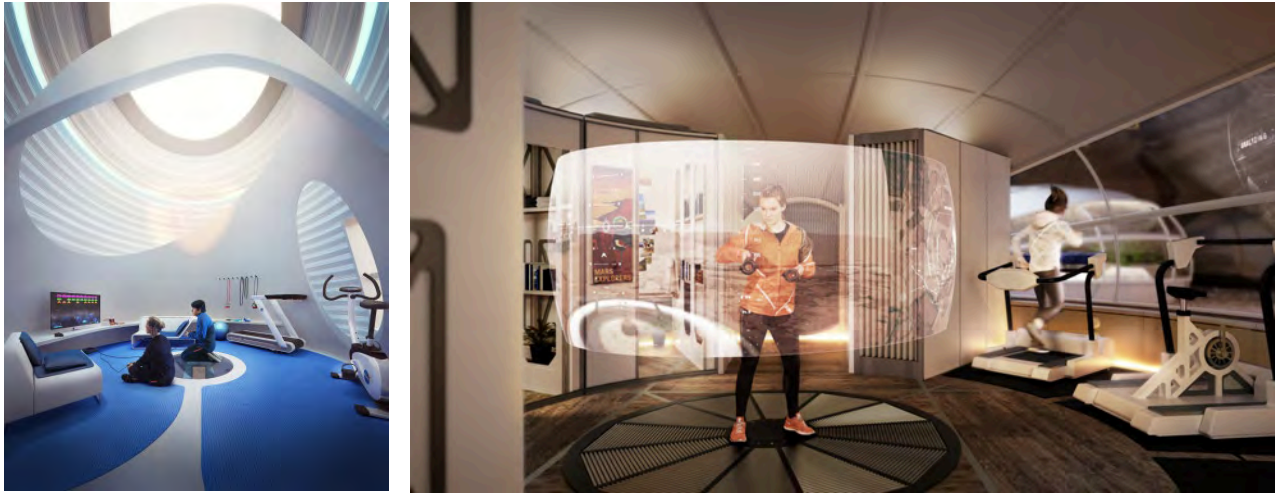


Рис. 3.13. Спортивна зала

Медична кімната являє собою звичайну палату для надання медичної допомоги, але з урахуванням особливостей щодо лікування людей в умовах середовища Марсу. (рис. 3.14.)



Рис. 3.14. Медична кімната

У теплицях вирощуватимуться продукти харчування, які повинні відповідати клімату планети. Будівлі теплиць можуть бути прозорими чи непрозорими, більшою мірою залежати від природніх умов, або замість сонячного світла використовувати штучне освітлення. (рис. 3.15.)





Рис. 3.15. Теплиці

Повітряні *шлюзи* потрібні для того, щоб мати доступ до виходу з житлового простору назовні планети, оскільки відомо що склад атмосферного повітря та його тиск на Марсі відрізняються від земного. (рис. 3.16.)



Рис. 3.16. Повітряні шлюзи

*Лабораторії* потрібні для дослідження природного середовища Марсу. Ці приміщення включатимуть в себе все необхідне обладнання для проведення наукових досліджень та експериментів, сховища, робочі місця з належним обладнанням, місцем для зберігання дослідних зразків, спеціальні прилади і устаткування. (рис. 3. 17.)



Рис. 3.17. Лабораторії

Приміщення для контролю інженерних систем повністю залежить від задіяних для життєзабезпечення систем з позицій створення сприятливих умов колоністам в житловому просторі. В кімнаті можуть розташовуватися різні системи та прилади, наприклад: прилади для очищення та нагрівання Марсіанського повітря, очищення води для повторного її використання тощо.

Кухня-їдальня може являти собою традиційну міні-кухню з холодильною камерою, мийкою для посуду та овочів, варильною поверхнею, місцем для зберігання сировини та посуду, робочого стола та стола зі стільцями. (рис. 3.18.)



Рис. 3.18. Кухня-їдальня

### Висновки до 3 розділу

В даному розділі було з'ясовано перспективне архітектурне середовище поселень на Марсі та його концептуального бачення з врахуванням його екстремальних умов. Було виявлено чотири основні вимоги до проектування будівель на основі минулих досліджень та три способи будівництва житлового середовища на Марсі. На основі даних про утворення майбутнього поселення, розглянуто три способи комунікації між будівлями поселення – зовнішній, коридорний, сумісний. Запропонована необхідна інфраструктура поселення та її

облаштування території, з врахуванням життєдіяльності та систем життєзабезпечення колонії. Розглянуто можливий пасивний захист будівель від радіації за допомогою екранування стін та пасивне екранування вікон, яке можливо досягнути за допомогою архітектурно-конструктивних рішень. Також було розглянуто матеріали та види конструкцій, які можливо використати при надмірному тиску в конструкції будівлі. Було розглянути вимоги щодо проектування у разі виникнення аварійних ситуацій в поселенні. Був запропонований концепт-дизайн майбутнього поселення у формі усіченого октаедра, з якого житлове середовище можливо скласти немов пазли.

Розглянуто перспективне бачення реалізації житлового простору поселення на Марсі, з'ясовані потрібні приміщення і вказано їх особливості, що має забезпечити створення сприятливих умов для повсякденної життєдіяльності людини та здійснення діяльності щодо дослідження та цілеспрямованого освоєння планети.

## РОЗДІЛ 4. АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ ОБ'ЄКТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

### 4.1. Вихідні дані для проєктування

#### 4.1.1. Природно-кліматичні особливості ділянки забудови

##### Температура

Середня температура на Марсі значно нижча, ніж Землі:  $-63^{\circ}$ . Оскільки атмосфера Марса сильно розріджена, вона погано згладжує добові коливання температури поверхні. За найбільш сприятливих умов влітку на денній половині планети повітря прогрівається до  $20^{\circ}\text{C}$  (а на екваторі - до  $+27^{\circ}\text{C}$ ) - цілком прийнятна температура для мешканців Землі. Максимальна температура повітря, зафіксована марсоходом "Спіріт", склала  $+35^{\circ}\text{C}$ . Але зимової ночі мороз може досягати навіть на екваторі від  $-80^{\circ}\text{C}$  до  $-125^{\circ}\text{C}$ , а на полюсах нічна температура може падати приблизно до  $-153^{\circ}\text{C}$ . Проте добові коливання температури менш значні, як у безатмосферних Місяці і Меркурії. На Марсі існують температурні оази, в районах «озера» Фенікс (плато Сонця) і землі Ноя перепад температур становить від  $-53^{\circ}\text{C}$  до  $+22^{\circ}\text{C}$  влітку і від  $-103^{\circ}\text{C}$  до  $-43^{\circ}\text{C}$  взимку. Отже, Марс — дуже холодний світ, клімат там суворіший, ніж у Антарктиді. [6]

## Клімат Марсу (2012-2015)

Таблиця 4.2.

Показники	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Сер.	Вер.	Жовт.	Лист.	Гру.	Рік
Абсолютний максимум, °C	6	6	1	0	7	23	30	19	7	7	8	8	30
Середній максимум, °C	-7	-18	-23	-20	-4	0	2	1	1	4	-1	-3	-5,7
Середній мінімум, °C	-82	-86	-88	-87	-85	-78	-76	-69	-68	-73	-73	-77	-78,5
Абсолютний мінімум, °C	-95	-127	-114	-97	-98	-125	-84	-80	-78	-79	-83	-110	-127

Атмосферний Склад

Атмосфера Марса більш розріджена ніж повітряна оболочка Землі і на 95,9 % складається з вуглецю, близько 1,9 % припадає на долю азоту і 2 % — аргону. Вміст кисню – 0,14 %. (рис. 4.19.)

Середній тиск атмосфери на поверхні у 160 разів менший, ніж на поверхні Землі.



Рис. 4.19 Атмосфера Марсу

Маса атмосфери протягом року сильно змінюється через конденсацію у зимову годину та випаровування у літній великих обсягах вуглекислого газу на полюсах, у полярних шапках.



### Хмарність та опади

Водяної пари в марсіанській атмосфері зовсім небагато, але при низькому тиску й температурі вона знаходиться в стані, близькому до насичення, і часто збирається в хмари. Марсіанські хмари досить невиразні в порівнянні з земними.

У телескоп видно тільки найбільші з них, але спостереження з космічних апаратів показали, що на Марсі зустрічаються хмари найрізноманітніших форм і видів: перисті, хвилясті, підвітряні (поблизу великих гір і під схилами великих кратерів, в місцях, захищених від вітру).



Рис. 4.20. Іній на поверхні Марсу

Над низинами — каньйонами, долинами — і на дні кратерів у холодну пору доби часто стоять тумани. Взимку 1979 р. в районі посадки «Вікінга-2» випав тонкий шар снігу, який пролежав кілька місяців. (рис. 4.20.)

### Пилові бурі та смерчі

Одним з проявів перепаду температур є вітри. Над поверхнею планети часто дмуть сильні вітри, швидкість яких доходить до 100 м / с. Мала сила тяжіння дозволяє навіть розрідженим потокам повітря піднімати величезні хмари пилу. Іноді досить великі області на Марсі бувають охоплені грандіозними пиловими бурями. Найчастіше вони виникають поблизу полярних шапок. Пилові бурі найчастіше бувають в періоди великих протистоянь, коли літо в південній півкулі збігаються з проходженням Марса через перигелій. Глобальна пилова буря на Марсі бушувала з вересня 1971 по січень 1972 року, піднявши в атмосферу на висоті більше 10 км близько мільярда тонн пилу. Вона викликала зміну часу зйомки для картографування поверхні з борту штучного супутника «Маринер-9».





Рис. 4.21. Пилові смерчі

Пилові смерчі — ще один приклад процесів на Марсі, пов'язаних із температурою. Такі смерчі — дуже часті прояви на Марсі. Вони піднімають в атмосферу пил і виникають через різницю температур. Причина: вдень поверхня Марса досить нагрівається (іноді і до позитивних температур), але на висоті до 2-х метрів від поверхні атмосфера залишається такою ж холодною. Такий перепад викликає нестабільність, піднімаючи в повітря пил, — в результаті утворюються пилові дияволи.

#### Магнітне поле

У Марса було зафіксовано слабке магнітне поле.

Згідно з показаннями магнітометрів станцій «Марс-2» і «Марс-3», напруженість магнітного поля на екваторі становить близько 60 гам, на полюсі — 120 гам, що в 500 разів слабше за земне. За даними АМС "Марс-5", напруженість магнітного поля на екваторі становила 64 гами, а магнітний момент планетарного диполя -  $2,4 \cdot 10^{22}$  ерстед  $\cdot$  см<sup>2</sup>.

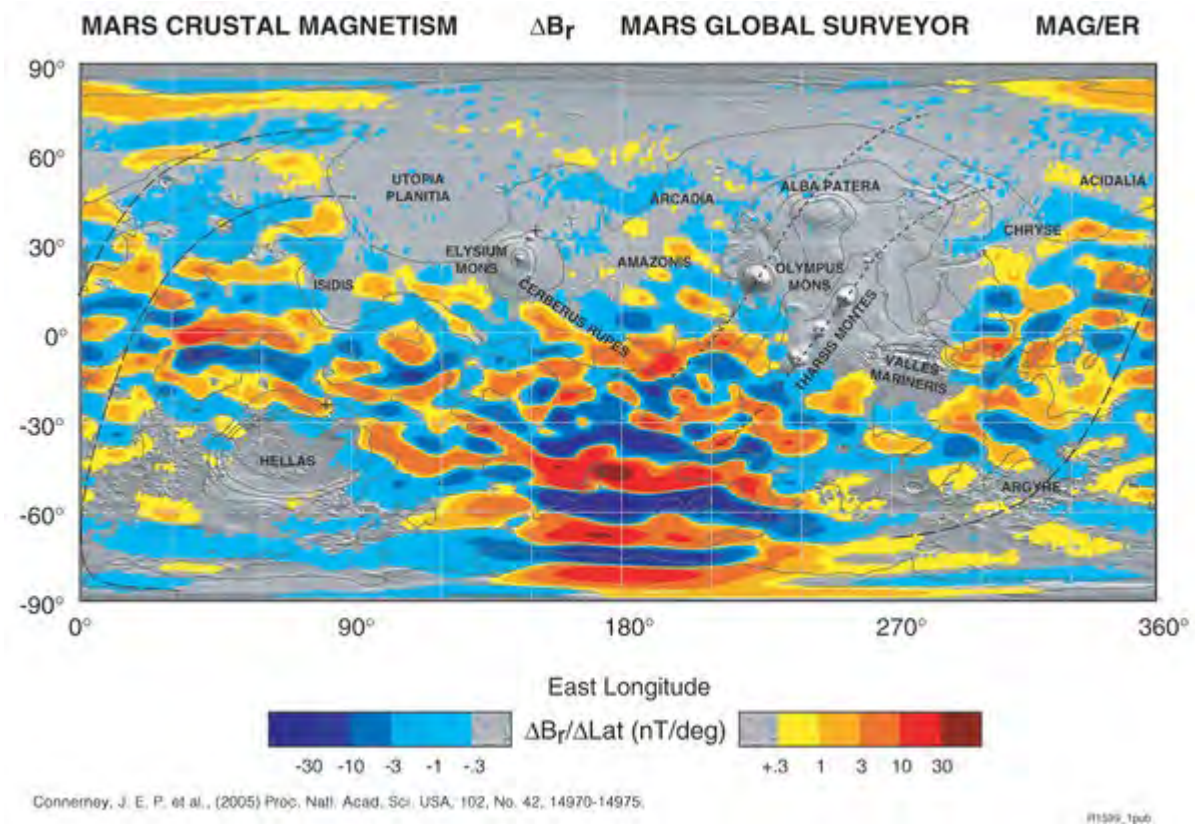


Рис. 4.22. Магнітосфера Марса

Магнітне поле Марса вкрай нестійке, у різних точках планети його напруженість може відрізнятись від 1,5 до 2 разів, а магнітні полюси не збігаються з фізичними (рис. 4.22.). Це говорить про те, що залізне ядро Марса перебуває у порівняльній нерухомості по відношенню до його кори, тобто механізм планетарного динамо, відповідальний за роботу магнітного поля Землі, на Марсі не працює. Хоча на Марсі немає стійкого всепланетного магнітного поля, спостереження показали, що частини планетної кори намагнічені і що спостерігалася зміна магнітних полюсів цих частин у минулому. Намагніченість цих елементів виявилася схожою на смугові магнітні аномалії у світовому океані.

За однією теорією, опублікованою в 1999 році і перевіреною ще раз у 2005 році (за допомогою безпілотної станції «Марс Глобал Сервейор»), ці смуги демонструють тектоніку плит 4 мільярди років тому — до того, як гідромагнітне динамо планети припинило виконувати свою функцію, що спричинило причину різкого ослаблення магнітного поля. Причини такого різкого послаблення не

зрозумілі. Існує припущення, що функціонування динамо 4 млрд. років тому пояснюється наявністю астероїда, який обертався на відстані 50—75 тисяч кілометрів навколо Марса і викликав нестабільність у його ядрі. Потім астероїд знизився до краю Роша і зруйнувався. Проте, це пояснення саме містить незрозумілі моменти і заперечується у науковому суспільстві.

### Сила тяжіння

Прискорення вільного падіння Марсі становить близько  $3,71 \text{ м/с}^2$ , тобто  $0,38 \text{ g}$ [6]. Досі невідомо, чи цього достатньо, щоб уникнути проблем для здоров'я, що виникають при невагомості. [6]

### Пори року

На сьогоднішній момент відомо, що з усіх планет Сонячної системи Марс найподібніший до Землі. Вісь обертання Марса нахилена до його орбітальної площині приблизно на  $23,9^\circ$ , що можна порівняти з нахилом земної осі, що становить  $23,4^\circ$ , а марсіанська доба практично збігаються з земною — саме тому, як і на Землі, відбувається зміна сезонів. Найяскравіше сезонні зміни проявляються в полярних областях. У зимовий час полярні шапки займають значну площу. Кордон північної полярної шапки може віддалитися від полюса на третину відстані до екватора, а межа південної шапки долає половину цієї відстані. Така різниця викликана тим, що в північній півкулі зима настає, коли Марс проходить через перигелій своєї орбіти, а в південному — коли через афелій. Через це зима в південній півкулі холодніша, ніж у північній. І тривалість кожного з чотирьох марсіанських сезонів різниться в залежності від його віддалення від Сонця. А тому в марсіанській північній півкулі зима коротка і «помірна», а літо довге, але прохолодне. У південній же навпаки — літо коротке і відносно тепле, а зима довга і холодна.

З настанням весни полярна шапка починає «зникати», залишаючи за собою поступово зникаючі острівці льоду. У той же час від полюсів до екватора поширюється так звана хвиля потемніння. Сучасні теорії пояснюють її тим, що

весняні вітри переносять вздовж меридіанів великі маси ґрунту з різними відбивними властивостями.

Мабуть, жодна з шапок не зникає повністю. До початку досліджень Марса за допомогою міжпланетних зондів передбачалося, що його полярні області покриті застиглою водою. Точніші сучасні наземні та космічні вимірювання виявили в складі марсіанського льоду також замерзлий вуглекислий газ. Влітку він випаровується і надходить в атмосферу. Вітри переносять його до протилежної полярної шапки, де він знову замерзає. Цим кругообігом вуглекислого газу і різними розмірами полярних шапок пояснюється мінливість тиску марсіанської атмосфери.

#### **4.1.2. Геодезичні та гідрогеологічні дані**

Для стабільного існування чистої води в рідкому стані температура і парціальний тиск водяної пари в атмосфері повинні бути вищими за потрібну точку на фазовій діаграмі, тоді як зараз вони далекі від відповідних значень. Дослідження, проведені космічним апаратом «Марінер-4» у 1965 році, показали, що рідкої води на Марсі нині немає, але дані марсоходів НАСА «Спїрит» та «Опортьюніті» свідчать про наявність води в минулому (рис. 4.23.). По-перше, знайдено мінерали, які могли утворитися лише внаслідок тривалого впливу води. По-друге, дуже старі кратери практично стерті з лиця Марса. Сучасна атмосфера не могла спричинити такої руйнації. Вивчення швидкості освіти та ерозії кратерів дозволило встановити, що найсильніше вітер і вода руйнували їх близько 3,5 млрд років тому. Приблизно такий вік мають і багато промоїнів.

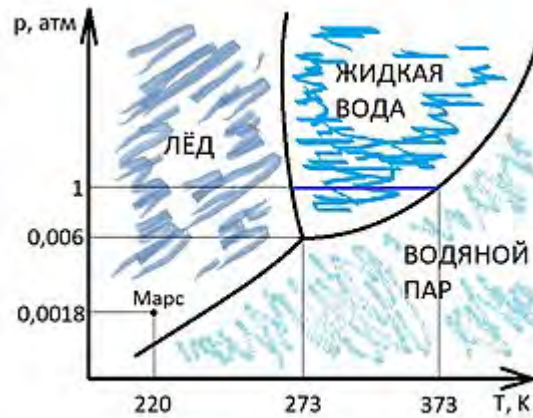


Рис. 4.23. Стан води

На початок 2020-х років є ряд свідощтв присутності води в замерзлому вигляді. Однак єдиним місцем, де може існувати рідка вода, є гіпотетичне озеро під Південним плато, інші припущення не знайшли підтвердження.

## 4.2. Розташування ділянки проектування

### 4.2.1. Ситуаційний план

Місцем утворення поселення має розташування на Рівнині Аркадія ( $38^{\circ}16'54.77''\text{Пн}$ ;  $169^{\circ}51'44.20''\text{Зх}$ ), що знаходиться в західній частині півкулі на північ від екватора поблизу гірського хребта Еребус Монте на висоті -3985м від середньої на Марсі. Передбачається, що на цьому місці під ґрунтом є заклади льоду, з якого можливо отримати воду.



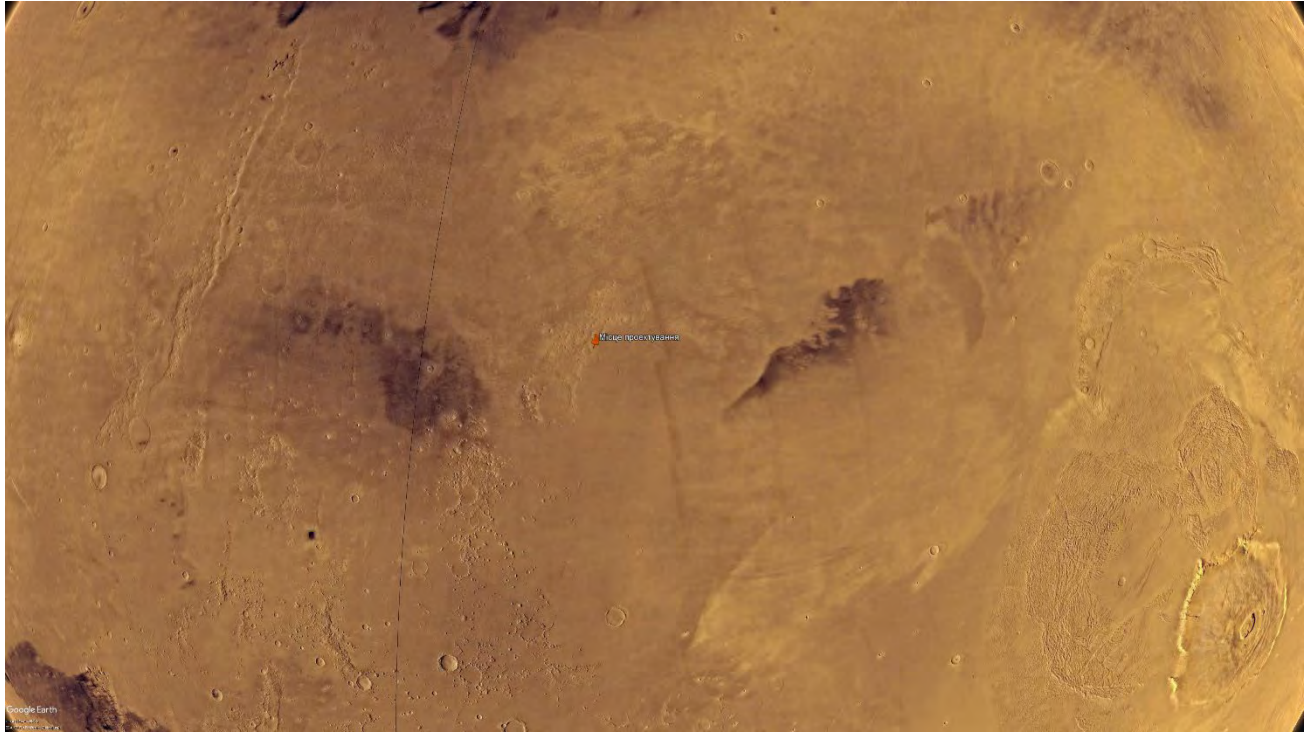


Рис. 4.24 Розташування місця проектування відносно планети Марс

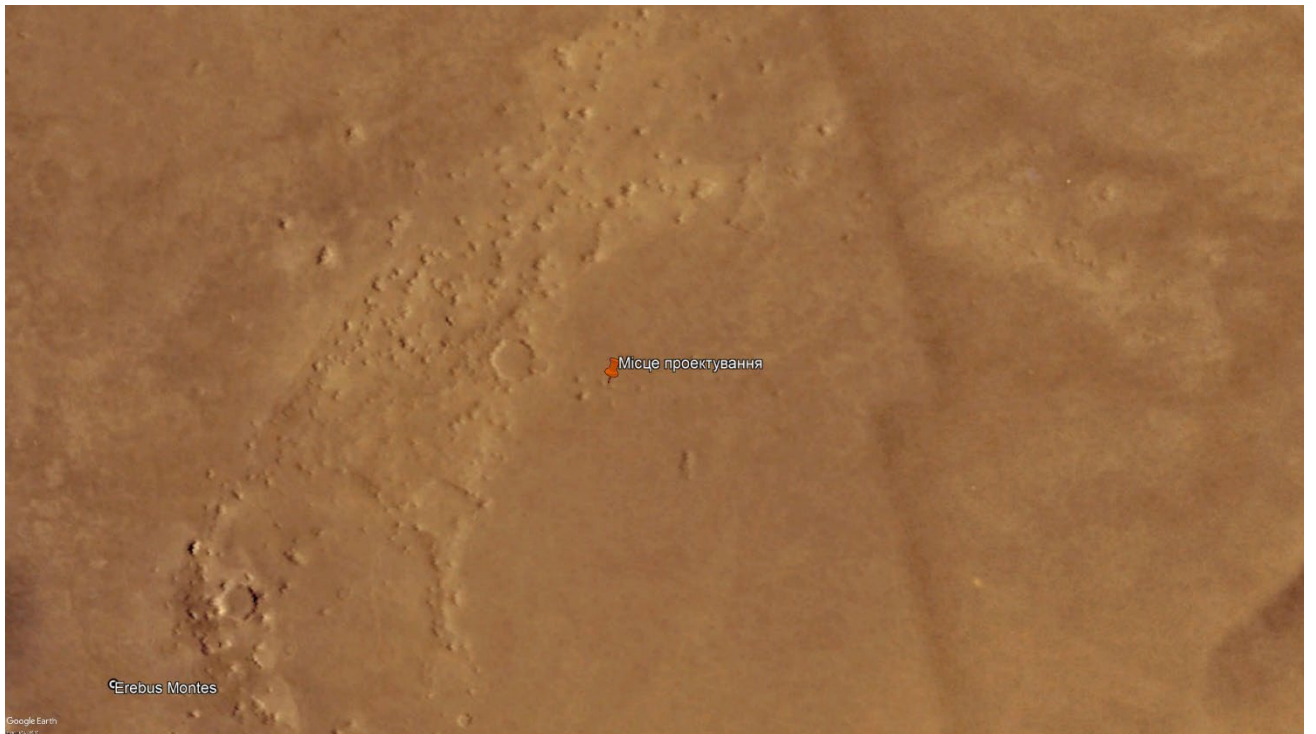


Рис. 4.25 Розташування місця проектування відносно рівнини Аркадія Плантия та гірського хребта Еребус Монте



Рис. 4.26. Розташування місця проектування

#### 4.2.2. Генеральний план

Територія ділянки проектування поділена на 5 функціональних зон (додаток):

- 1) **Зона посадки та взліту ракети** – призначена для доставлення вантажів, та колоністів на планету. Площадка розташована 500 м від житлового середовища на північ, що забезпечує безпеку поселення від небезпеки при утворення аварійних ситуацій;
- 2) **Зона обслуговування ракети** – в зоні розташовується необхідне обладнання та паливо в криогенних сховищах для метану для обслуговування та ремонту ракет;
- 3) **Зона інженерного-технічного обслуговування поселення** – Призначена для розміщення обладнання для виготовлення будівельних матеріалів, та видобутку води, також тут розташовуватимуться склади буд. матеріалів, запчастин, ізольоване сховище для наукових зразків, що несуть небезпеку для поселення, та інших систем життязабезпечення.
- 4) **Зона житлового середовища** – місце проживання людей з врахування потреб для проведення їх життєдільності.



- 5) **Зона ядерних реакторів** – місце розташування та обслуговування ядерних реакторів Kilopower, що забезпечуватимуть поселення електроенергією. Розташовані 500 м від поселення на схід.

Між функціональними зонами прокладені дороги у вигляді розрівняного та очищеного від перешкод ґрунту.

### 4.3. Проектні рішення

#### 4.3.1. Архітектурна ідея об'єкту проектування

Об'єкт проектування було вирішено створити за допомогою блокування у вигляді стільника. Це надає переваги:

- **Потенціал щодо розширення поселення** – колонія завжди буде розширюватися, тому передбачається блокування нових форм до вже наявних з рахунок збірних конструкцій, це надає певний потенціал для подальшого розширення поселення.
- **Варіативність конфігурації** – стільник надає можливість варіативного утворювати групи поселень різної конфігурації, з різномітними функціональними та об'ємно-просторовими рішеннями.
- **Естетичність** – стільник має естетичне з точки зору архітектури блокування за рахунок різноманітності форм які в ньому використовуються.
- **Захист від аварійних ситуацій** – при виникненні аварійних ситуацій в одному з модулів, наприклад: пожежі, розгерметизації, або потраплення мікроорганізмів, що мають шкідливий вплив для людей, можливо ізолювати блок від інших, та провести необхідні роботи по ліквідації небезпеки.
- **Енергоефективність** – за допомогою блокування стіни між модулями будуть спільними, тому кількість гранів, які матимуть

контакт з зовнішнім середовищем буде менше, це зменшує теплопередачу і також надає додатковий захист від сонячної радіації.

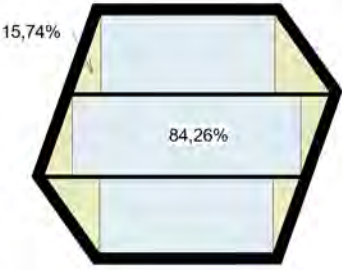
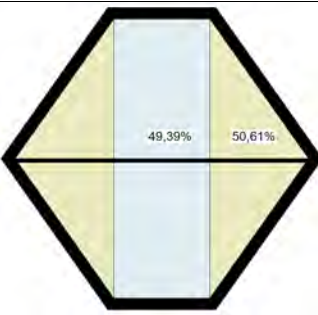
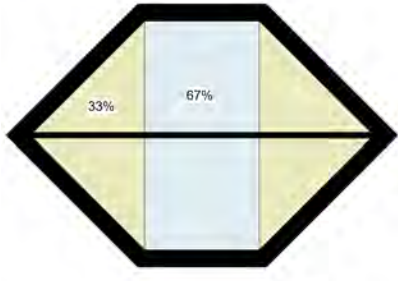
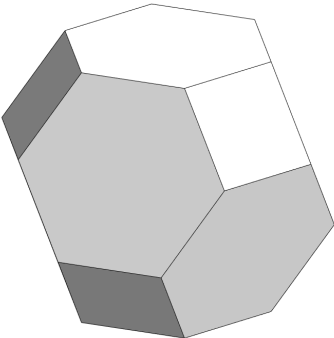
- **Компатність** – блокування в групи форм, утворюватиме щільні функціональними зв'язки між блоками, що покращує між зонами різного призначення взаємозв'язок.

Для утворення поселення зі стільника потрібно вибрати форму, яка включає в себе найменшу різноманітність збірних елементів та найбільше раціональне використанні площі.

Вибір стільника

Таблиця 4.3.

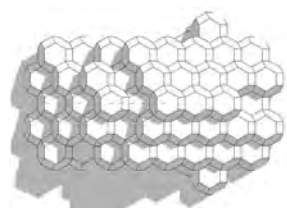
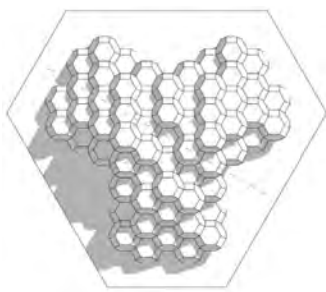
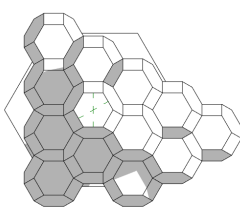

Обираємо з пропонованих форму, яка може заповнити собою беззастаточно тривимірний <u>простір</u>					
Назва	Усічений Октаедр	Усічений Октаедр №2	Ромбікубоктаедр	Неправильний додекаедр	Подовжений додекаедр
Зображення стільників					
Форми для утворення стільників					
Порівняння обраних форм стільника					
Форма	Зрізаний Октаедр	Зрізаний Октаедр №2	Подовжений додекаедр		
Зображення					
	8 правильних шестикутників 6 квадратів <b>Загалом – 14 поверхней</b>	8 правильних шестикутників 6 квадратів <b>Загалом – 14 поверхней</b>	4 шестикутників 8 ромбів <b>Загалом – 12 поверхней</b>		

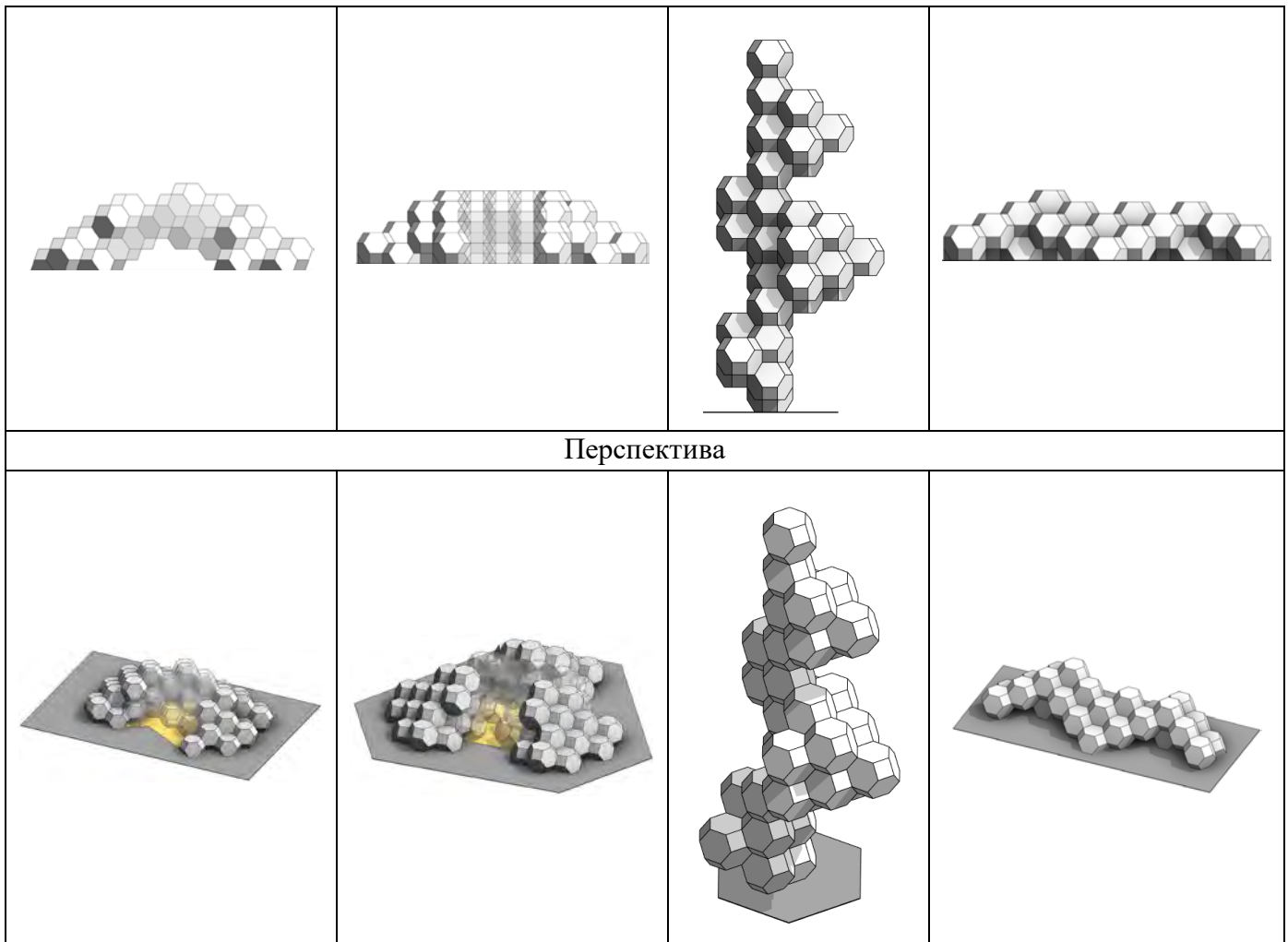
Кількість ребер	36 ребер Мають всі однаковий розмір	36 ребер Мають всі однаковий розмір	28 ребер, та діляться на два розміри: 24 більші та на 4 менші
Розріз з виділення м корисної площі	 84,26% - корисна площа	 49,39% - корисна площа	 67% - корисна площа
Обране тіло		Більша корисна площа	
		Два різновиди елементів зовнішніх поверхонь для формування тіла	
		Форма має ребра однакової довжини, що спрощує її уніфікацію	
		Краща стійкість до тиску завдяки відсутності гострих кутів у з'єднання між поверхнями	

За проведеним аналізом форми найбільше підходить стільник скошеного октаедру. Розглянемо пропоновані конфігурації утворення поселення.

Пропоновані конфігурації стільника скошеного октаедру

Таблиця 4.4.

Можливі конфігурації поселення			
Прямокутна	Трикутна	Висотна	Хвиляста
			
Фасад			



В проекті використану трикунту конфігурацію утворення поселення, яка собою утворює по середині будівлі великий внутрішній простір, що надає змогу зробити це місцем рекреації та проведення вільного часу для мешканців.

#### 4.3.2. Функціонально-планувальна організація об'єкту проектування

Функціональне зонування будівлі поселення на Марсі складається з таких зон:

- 1) Вхідна зона;
- 2) Зона медичного обслуговування;
- 3) Зона харчування;
- 4) Рекреаційна зона;
- 5) Культурно-видовищна;
- 6) Зона лабораторій;
- 7) Зона теплиць;

- 8) Спортивна зона;
- 9) Зона центру управління;
- 10) Житлова зона.
- 11) Господарська зона

**Вхідна зона** розташована на 1-го поверсі та розділена на 3 частини через які здійснюється вхід та вихід з поселення. Кожна частина має два шлюзи (для марсохода, та для виходу назовню пішохідним шляхом), санітарний очисник для очищення скафандру від пилу та бруду, роздягальня для скафандрів, душ, санвузли, роздягальня, приміщення оператора шлюзу, склад та майстерня для ремонту скафандрів.

**Зона медичного обслуговування** призначена для надання ПМД, здійснення невеликих операцій, та тривалого лікування на стаціонарі. Складається з оглядової кімнати та палати для надання першої медичної допомоги, стаціонарних палат, стерилізаційної, лабораторії, кімнати персоналу, та блоку для проведення операцій, що складається з передопераційної, наркозної та операційної. Зона комунікує з однією з частин вхідної зони, що дає змогу швидко надати допомогу постраждалим внаслідок перебування ззовні.

**Зона харчування** розрахована на 50 сидячих місць, представлена з блоку виробничих приміщень (підготівельних цех, гарячого та холодного цеху, зона миття посуду, доготівельного цеху, сервізної та роздавальної), їдальні розташованої в загальному залі біля культурно видовищної та рекреаційної зони, кімнати для персоналу, та складів і морозильних/холодильних камер.

**Рекреаційна зона** являє собою великий громадський простір у вигляді трикутника на плані, який призначений для проведення мешканцями вільного часу, місцем проведення зустрічей, та тихого відпочинку.

**Культурно-видовищна** являє собою амфітеатр призначеного для проведення мешканцями зборів та конференцій, розташованого посередині загального простору, має 4 рядів для сидіння. Також амфітеатр може слугувати, як місце зустрічі та спілкування між жителями.

**Зона лабораторій** поділена на 3 види лабораторій:

Мікролабораторія первинного дослідження – призначена для дослідження зразків отриманих з середовища Марсу та виявлення в них загроз.

Біо-технічна лабораторія – для проведення дослідження пов'язані з рослинами та культурами.

Мікролабораторія – для подальшого та глибокого дослідження зразків одержаних із середовища Марсу.

Зазвичай лабораторії складаються з таких приміщнь: прийом та аналіз зразків, кімната дослідження, термостатна, автоклав, утилізаційна, кімнати для персоналу.

**Зона теплиць** розташована на 2-му поверсі та призначена для виорощування культур та отримування продовальства для харчування мешканців поселення. Складається теплиці, розплідника, складу, утилізаційної, та приміщення персоналу.

**Спортивна зона** представляє собою трінажерний зал з роздягальнями та інвентарною

**Зона центру управління** призначена для планування місій та експедицій на Марсі, їх контролю, комунікування із Землею, моніторингу іженерних систем і систем життязабезпечення, а також нагляд за безпекою поселення. Складається зона з ресепшину, завідувача пунктом управління, кімнати для зборів, пункту управління, групи контролю, відділу зв'язку, експедиційної і архіву.

**Житлова зона** складається з однокімнатних та двокімнатних квартир, місткістю на 1-2 людини. Квартира складається з кімнат які забезпечують базові потреби людини – вестибюль, кухня, душова, спальня кімната, загальна кімната).

**Господарська зона** знаходиться на підвальному поверсі, являє собою приміщення для розташування інженерних систем, пральною, складами для технічного обслуговування приміщеннями. Також можливе використання як сховище для людей,

### **4.3.3. Об'ємно-просторова організація об'єкту проєктування**

Поселення на Марсі утворено трикутної конфігурації. На фасаді видно що від сторін до середини фасаду, висота будівлі зростає, тому що форми скашеного октаедру розміщені терасою – з кожним кроком блокування розташовуються вище. Таке блокування відбувається з трьох сторін, таким чином утворюються три секції на третьому поверсі стають цільними. Також завдяки терасній забудові посередині будівлі утворюється великий внутрішній двір висотою в 12,5м. Цей простір використано як громадський.

Будівля має 7 поверхів: 1-2 громадський простір, 3-6 житлові поверхи, -1 є місцем для сховища, складів, та розташування інженерних систем.

Вхід в будівлю можливий з 3-х сторін першого поверху з кожної секції. Кожна секція має одномаршеві сходові клітини, завдяки терасній забудові сходові клітини кожні стри поверхи зміщуються до середини. Між 5-6-им поверхом в приміщенні оранжереї, використані троє кругових сходів.

Віконні отвори створені у формі трапеції, але тільки на несучих гранях які нахилені в бік землі, за для запобігання потрапляння надмірної сонячної радіації. Також загальний простір має три панорамні віконні отвори, які поділені імпостами за для зменшення ширини скління для кращою протидії тиску.

Зв'язок між секціями на першому поверсі відбувається через загальний простір. На другому поверсі секції ізольовані одне від одного, тому що мають функціональне зонування непов'язане одне з одним, окрім біо-технічної лабораторії і теплиці де був зроблений місток, який проходить через загальний простір. Це покращує зв'язок між цими зонами, що відповідно покращує їхнє функціонування.

### **4.3.4. Зовнішнє та внутрішнє опорядження будівлі**

Зовнішнє опорядження будівлі – грані будівлі мають матеріал у вигляді біокомпозиту реголіту. На гранях які розташовані з південної сторони розміщені сонячні батареї.

Внутрішнє опорядження будівлі – стіни, потолки і підлога опоряджені за допомогою ПВХ. Несучі грані в загальному просторі мають вигляд матеріалу несучих гранів, біокомпозит реголіту.

#### **4.4. Заходи безпеки**

Безпека має життєво важливе значення для життєздатності та стійкості середовища проживання в суворих умовах на Марсі. Перше поселення має бути надійно захищене від потоцевих аварійних ситуацій: пожежі, розгерметизування, виходу систем з ладу, та травмування людей – це зможе призвести до припинення функціонування поселення.

Всі критичні системи повинні мати резервне обладнання, включаючи ядерні реактори, подачу повітря, видобування води. Все обладнання повинно мати доступ для його обслуговування та ремонту. Для поранених осіб передбачено медичний блок для їх лікування, місце існування повинно мати адекватні медичні діагностичні та лікувальні засоби для забезпечення безпеки колоністів.

Заходи пожежної безпеки надзвичайно важливі на марсіанській базі, оскільки неконтрольована пожежа може призвести до повної втрати поселення. Системи виявлення диму та тепла повинні включені в дизайн середовища проживання та пов'язані з моніторингом навколишнього середовища та системою сигналізації, також уся команда матиме доступ до системи зв'язку для подання тривоги та прямої допомоги. Для пожежогасіння буде зберігати запаси води. Для гасіння пожежі в комп'ютерних системах та навколо них (що буде критично важливим для роботи та безпеки середовища проживання) необхідно забезпечити галонові вогнегасники, оскільки вода, вуглекислий газ та багато інших речовин для гасіння пожежі можуть завдати шкоди цьому обладнанню, окрім самого обладнання.

Для критичних ситуацій можливе закачування окремих блоків атмосферою Марса, для гасіння пожежі, але деякі метали неможливо загасити таким способом, наприклад магній чи титан. Для боротьби з цими пожежами можна



використовувати гранульований графіт, деякі синтетичні рідини та в обмеженій мірі водяний туман.

Для захисту від проникнення бактерій від досліджувальних зразків Марсу в житлове середовище, передбачена лабораторія первинного дослідження, яка є ізольована, має окремий шлюз для отримання зразків безпосередньо з середовища Марсу, що дає змогу не проносити його через загальний простір.

#### 4.5. Техніко-економічні показники об'єкту проєктування

##### Техніко-економічні показники поселення

Таблиця 4.5.

№	Найменування	Од. виміру	Кількість
1	Вид будівництва	-	Нове будівництва
2	Поверховість	Пов.	7
3	Ступінь вогнестійкості	-	I
4	Площа ділянки	га	1,14
5	Площа забудови	м <sup>2</sup>	2434,5
6	Загальна площа будівлі	м <sup>2</sup>	6480,84
7	Корисна площа будівлі	м <sup>2</sup>	6333,84
8	Розрахункова площа будівлі	м <sup>2</sup>	6237,84
9	Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	73059,34

#### Висновки до 4 підрозділу

У 4 розділі надана характеристика архітектурно-планувальним рішенням поселення на Марсі.

За результатами аналізу природно-кліматичних умов було розроблене функціонально-планувальне, та об'ємно-просторове рішення поселення на Марсі.

Вирішена організація генплану, на основі потреб поселення: забезпеченням його енергосистемами, посадковою площадкою для ракети, складами та контейнерами, для зберігання будівельних матеріалів, відходів.

Визначена архітектурна ідея об'єкту проектування, що полягає у створенні поселення, у вигляді стільника скошеного октаедру. Стільник поселення утворюватиме трикутну конфігурацію.

Вирішена об'ємно-просторова організація поселення, за допомогою блокування скошеного октаедру будівля має терасну забудову, що створюватиме собою умовно три секцію, між якими утворюватиметься загальний простір будівлі. Поверховість - 7 поверхів з підвальною частиною; висота поверхів – 3, 3 м;

Розроблена функціонально-планувальна організація проекту, будівля налічує в себе 11 функціональних зон які є життєво необхідними для функціонування поселення. Зони поділені між собою як вертикально, так і горизонтально,

## РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

### 5.1. Загальні характеристики конструктивного рішення

#### 5.1.1. Конструктивна схема будівлі

Конструктивна схема будівлі – збірно каркасна, складається з металевого просторового каркасу у формі скошеного октаедру. Несучими конструкціями є металеві ребра розмірами 250x250x50 мм. (рис. 5.27.)

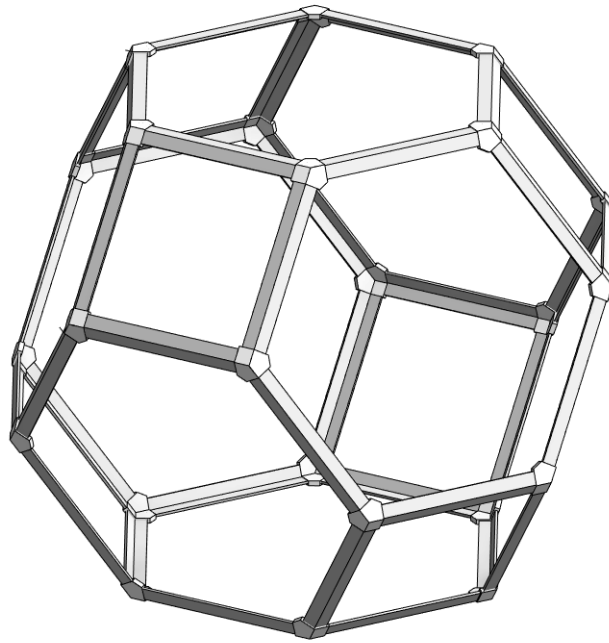


Рис. 5.27 Просторовий каркас скошеного октаедру  
Радіус основи 3,9 м.

Висота – 9,6 м

Поверховість – 7 поверхів

Висота 0-го поверху – 3.200 м

Висота 1-го поверху – 0.000 м

Висота 2-го поверху – 3.200 м

Висота 3-го поверху – 6.400 м

Висота 4-го поверху – 9.600 м

Висота 5-го поверху – 12.800 м

Висота 6-го поверху – 16.000 м

За умовну відмітку 0,000 прийнята абсолютна відмітка -3985 метрів від середньої прийнятої висоти на Марсі.

Максимальна висота будівлі від найнижчої позначки – 39,007 м (додаток Г).

- позн. 0,000 = 199,65;
- найнижча позн. -6,850 = 197,85;
- позн. парпету +23,250 = 236,857;

### 5.1.1. Несучий каркас

Несучий каркас складається з несучих г-подібних металевих ребер, які тримають на собі грані та перекриття. (рис. 5.28-29.)

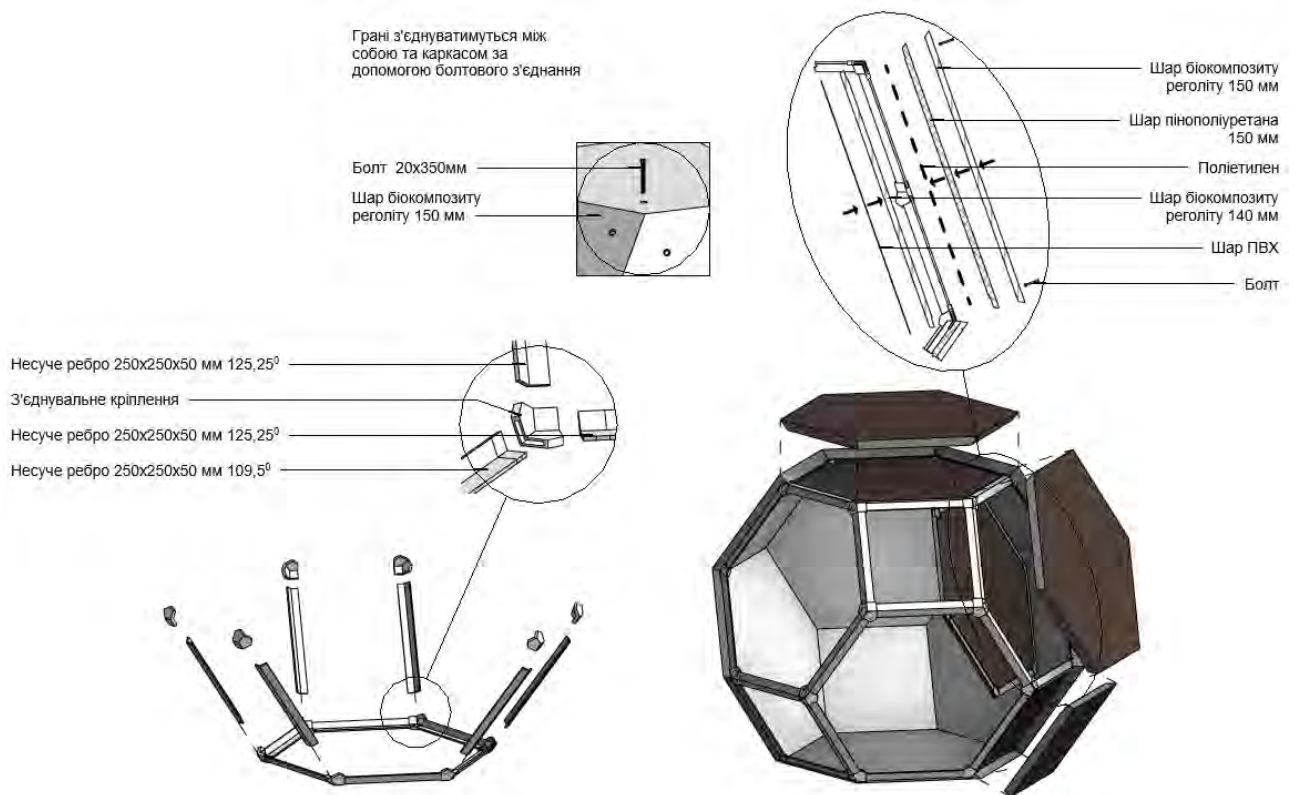
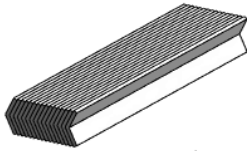
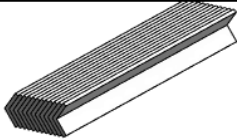
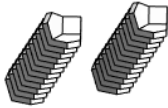
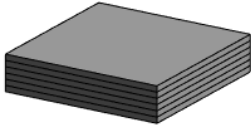
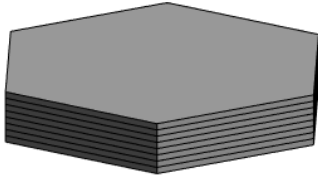


Рис. 5.28. Схема збору будівлі

## Кількість імпортованих елементів для створення одного модуля

Таблиця 5.6.

Список імпортованих збірних будівельних конструкцій на один модуль			
Найменування	Зображення	Кількість шт	Загальний об'єм м <sup>3</sup>
Нечуче ребро 250х250х50 мм 125,25°		16	1,5
Несуче ребро 250х250х50 мм 109,5°		12	1,7
З'єднувальне кріплення		24	0,8
Пінополіуретан 150 мм квадратної форми		6	14,58
Пінополіуретан 150 мм шестикутної форми		8	50,48

**5.1.2. Фундаменти та їх конструкції**

За матеріалом, що використовується:

- біокомпозиту реголіту

За характером їх виконання:

- збірні;

За прийнятим конструктивним рішенням:

- стовпчасті,

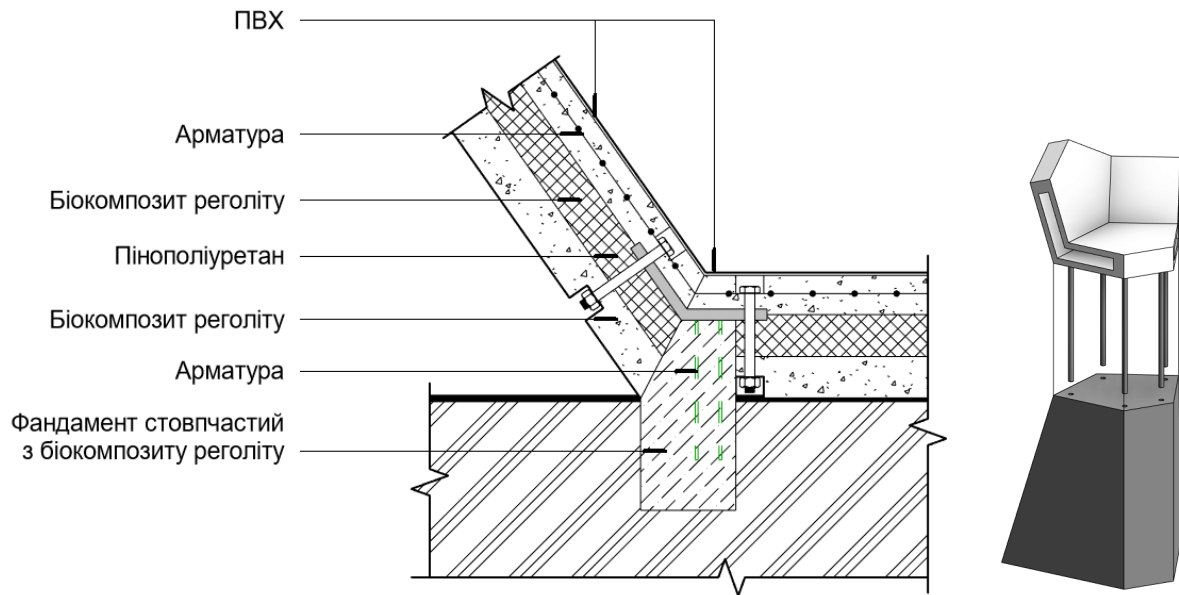


Рис. 5.29. Вузол стовпчастого фундаменту

Стовпчасті фундаменти встановлюватимуться під з'єднувальне кріплення каркасу, та фіксується за допомогою арматури. (рис. 5.29.)

### 5.1.3. Вертикальні комунікації

В об'єкті проектування сходи шириною 1000 мм косоурні з ПВХ створені за допомогою 3Д друкування, прямої конфігурації одно-маршеві, які спираються на несучі балки. Сходи складаються з одного косоура, який проходить по середині маршу та об'єднаними проступеннями, які являють собою цільний об'єкт. Висоти між ступенями 200 мм, ширина проступні 250 мм. (рис. 5.30.)



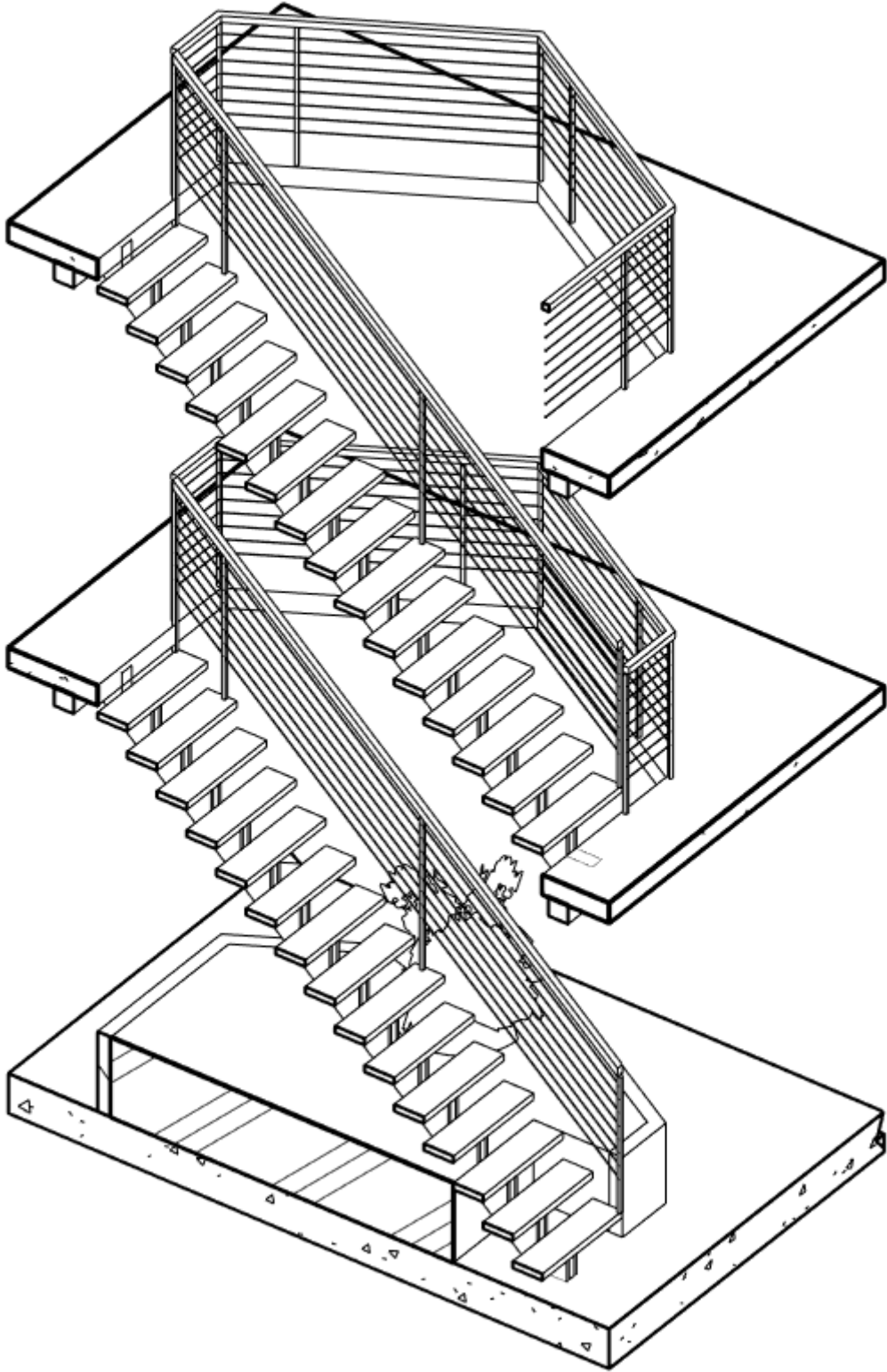


Рис. 5.30. 3Д розріз сходів

#### 5.1.4. Грані та перегородки.

Грані є збірними. *Зовнішні грані* складаються з двох панелів (одна зовнішня з утеплювачем, друга внутрішня яка кріпиться до металевого каркасу на болтовому з'єднанні та матиме товщину 450мм. (рис. 5.31.)

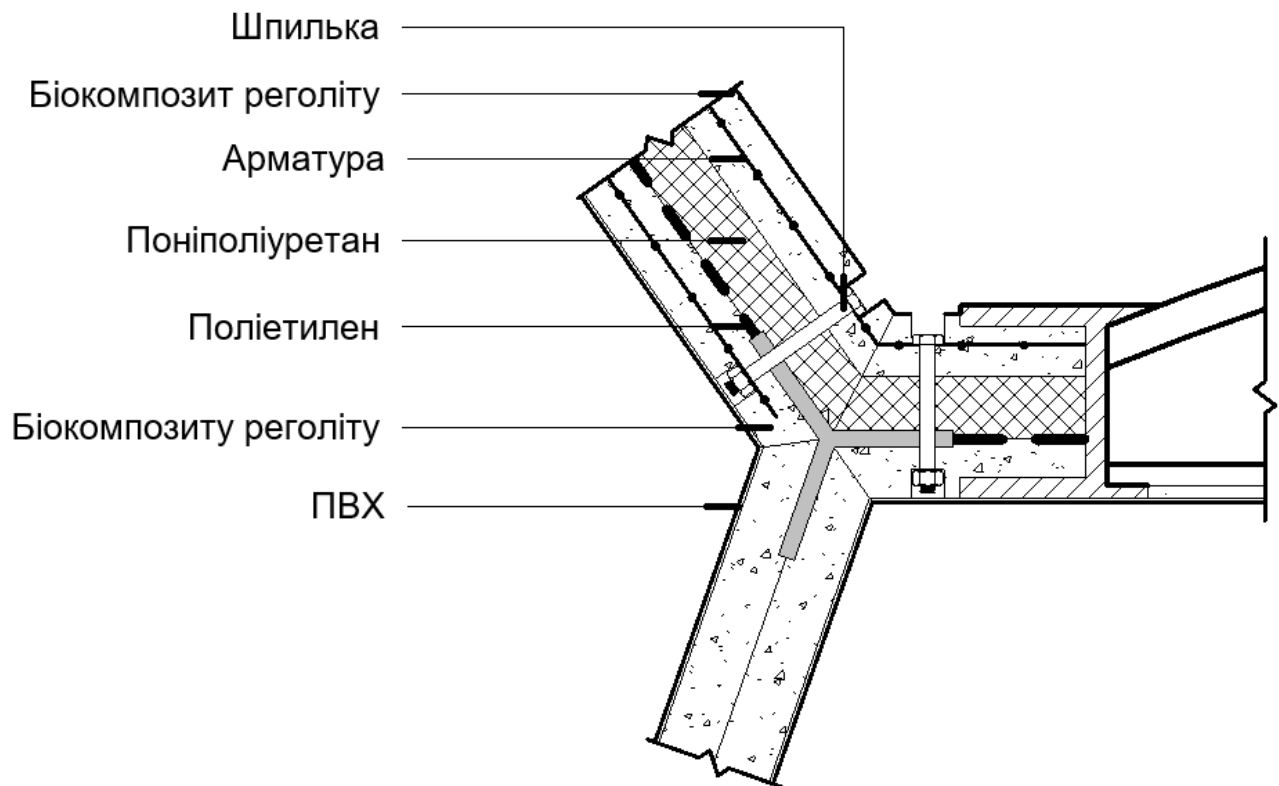


Рис. 5.31. Вузол з'єднання панелів з металевим каркасом

Конструкція грані складається з таких шарів (рис. 5.32.):

Біокомпозиту реголіту з армуванням базальтового волокна (рис. 5.34.) - 150мм

Пінополіуретан - 150мм (0,019 теплопровідність)

Шар біокомпозиту реголіту -150мм

Біокомпозиту реголіту з армуванням базальтового волокна- 140мм

ПВХ - 10мм

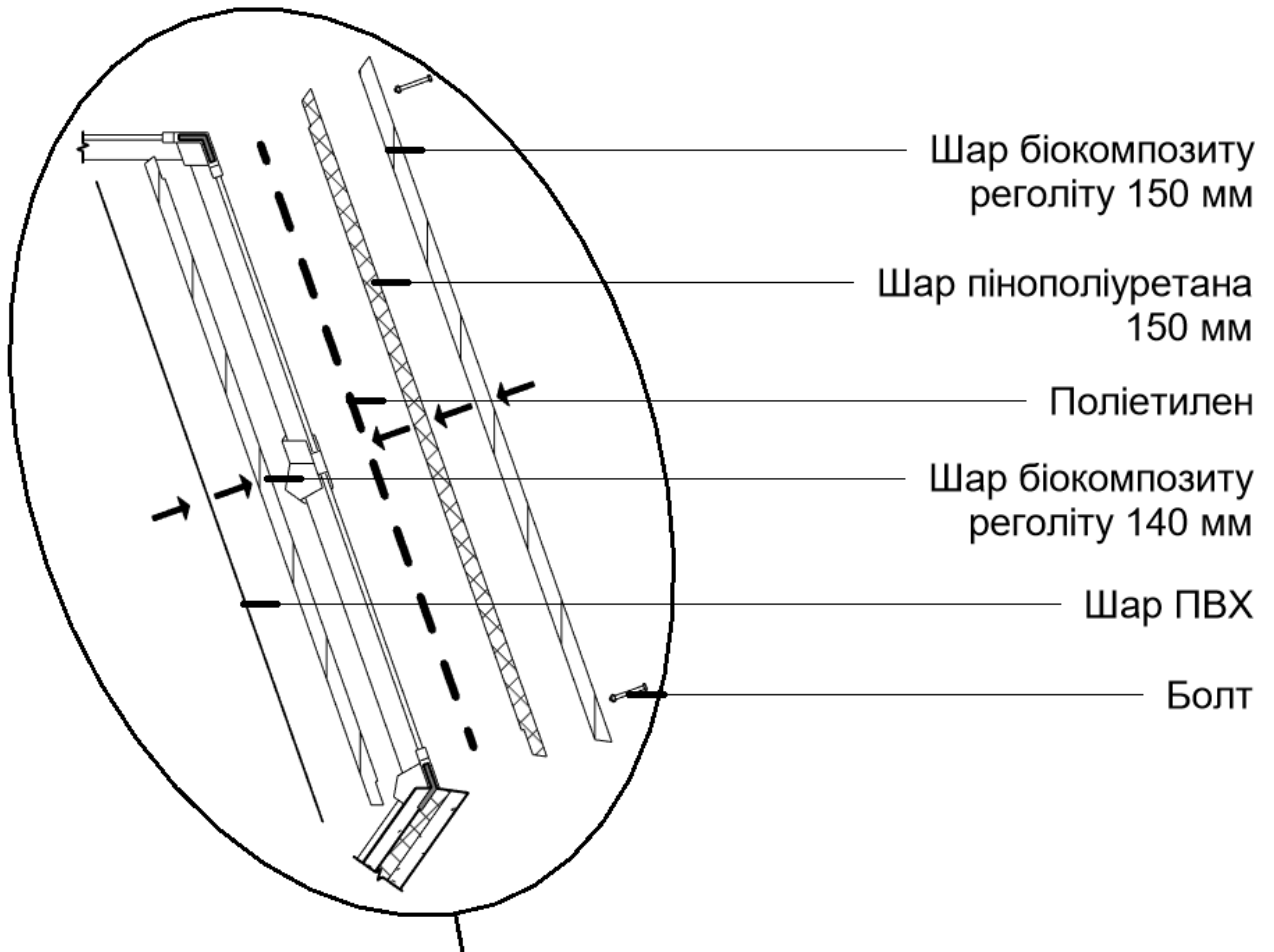


Рис. 5.32. Шари зовнішньої грані

Така товщина конструкції повинна забезпечити захист від проникнення надмірної сонячної радіації.

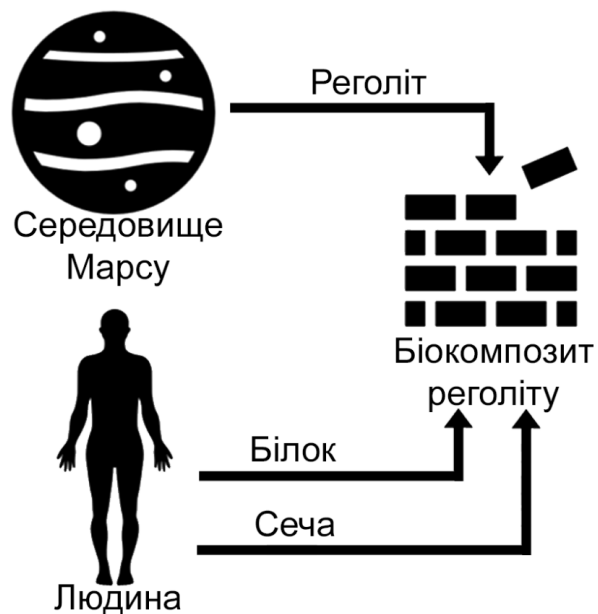


Рис. 5.33. Схема утворення біокомпозиту реголіту

Марсіанський реголіт можливо використати для отримання так званих «позаземних біокомпозитів реголітів (ERBs)» (рис. 5.33.). Використовуючи просту стратегію виготовлення, ERB на основі HSA були виготовлені та продемонстрували міцність на стискло 25,0 МПа. Для порівняння, стандартний бетон зазвичай має міцність на стиск від 20 до 32 МПа. Додавання сечовини, яку можна витягнути із сечі, поту або сліз астронавтів, у деяких випадках може додатково підвищити міцність на стиск більш ніж на 300%, причому найкраща композиція має середню міцність на стиск 39,7 МПа. Крім того, ми демонструємо, що HSA-ERB мають потенціал для 3D-друку, що відкриває цікавий потенційний шлях для позаземного будівництва з використанням сировини , отриманої людиною .

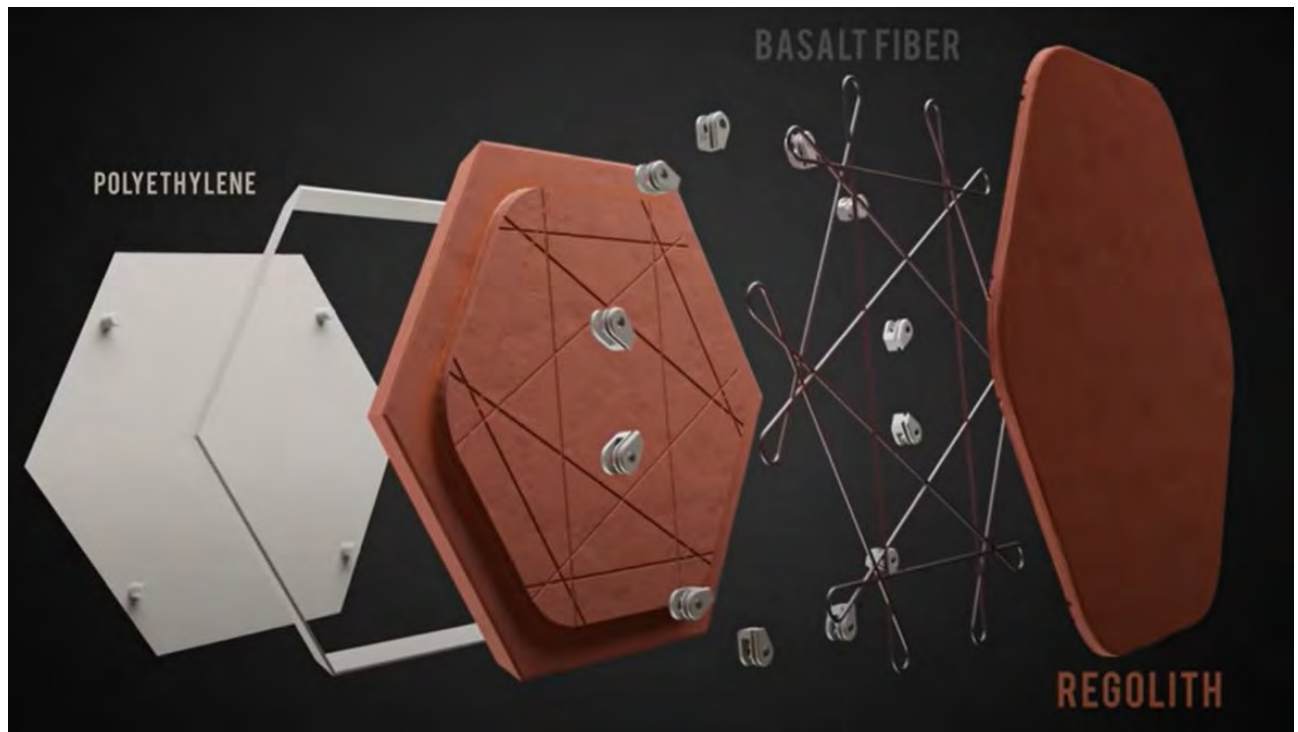


Рис. 5.34. Схема армування за допомогою базальтового волокна

Внутрішні грані складаються з двох панелей реголіту та мають загальну товщину 300 мм.

Перегородки виконані з ПВХ за допомогою друкування.

### 5.1.5. Переkritтя та підлоги.

Міжповерхові переkritтя (рис. 5.35.) виконані у вигляді плит з монолітного армованого біокомпозиту реголіту що спирається на металеві балки та має товщину 150 мм:

ПВХ – 10 мм;

Монолітна біокомпозитна плита з реголіту – 140 мм;

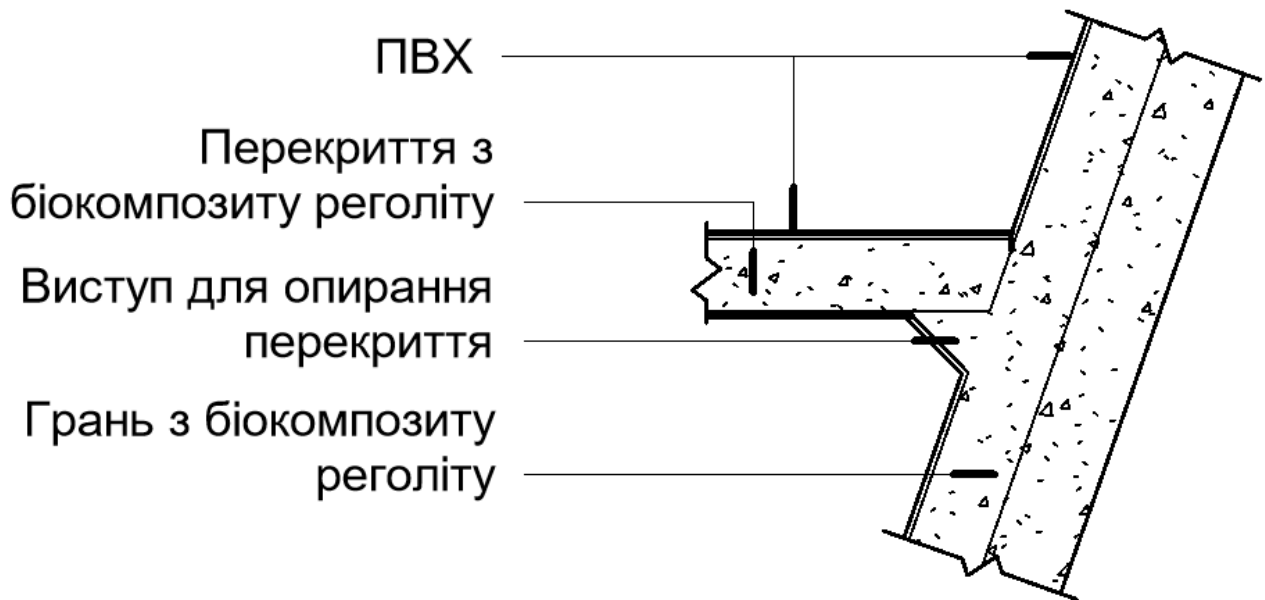


Рис. 5.35. Вузол з'єднання переkritтя з гранню

Конструкції підлоги виконана з ПВХ

### 5.1.6. Покрівля

Дах також являється гранню та має таку ж саму конструкцію як і зовнішні грані, та кріпиться до металевого скелету будівлі. Також на даху розташований водяний резервуар для зберігання води (рис. 5.36.). За допомогою оптичних властивостей вода зменшує потрапляння шкідливої сонячної радіації в приміщення, тому цей резервуар можливо використовувати для отримання природного світла.

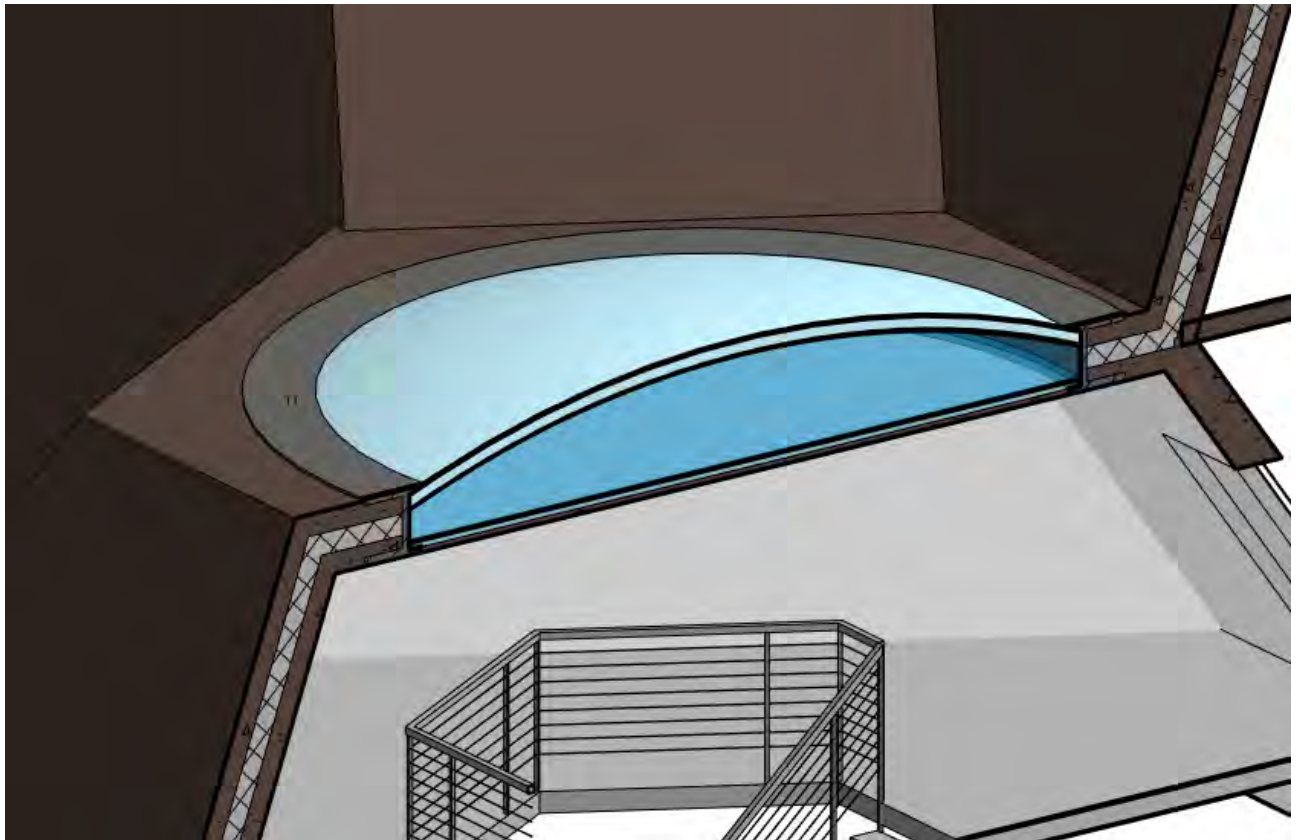


Рис. 5.36. 3Д розріз водяного резервуара

## **5.2. Загальні характеристики технічних рішень**

### **5.2.1 Опалення і вентиляція та їх конструктивне забезпечення**

Вентиляція та підтримка температурного режиму буде відбуватися за допомогою систем клімат контролю

### **5.2.2 Заходи для забезпечення високого рівня енергоефективності будівель**

Високий рівень енергоефективності будівлі досягається за допомогою таких способів:

Утеплення - в якості утеплювача використовується пінополіуретан тепровідність якого становить 0,019 що майже в тричі менше ніж в пінополістиролу та мінеральної вати, це дозволяє.

Блокування – форми скошеного октаедру блокується в групи, тим самим зменшуючи площу зовнішніх огорожувальних конструкцій, які контактують з холодним середовищем Марсу.



Форма будівлі подібна до форми куба, яка має мінімальну площу поверхні, також в будівлі використана мінімальна площа скління.

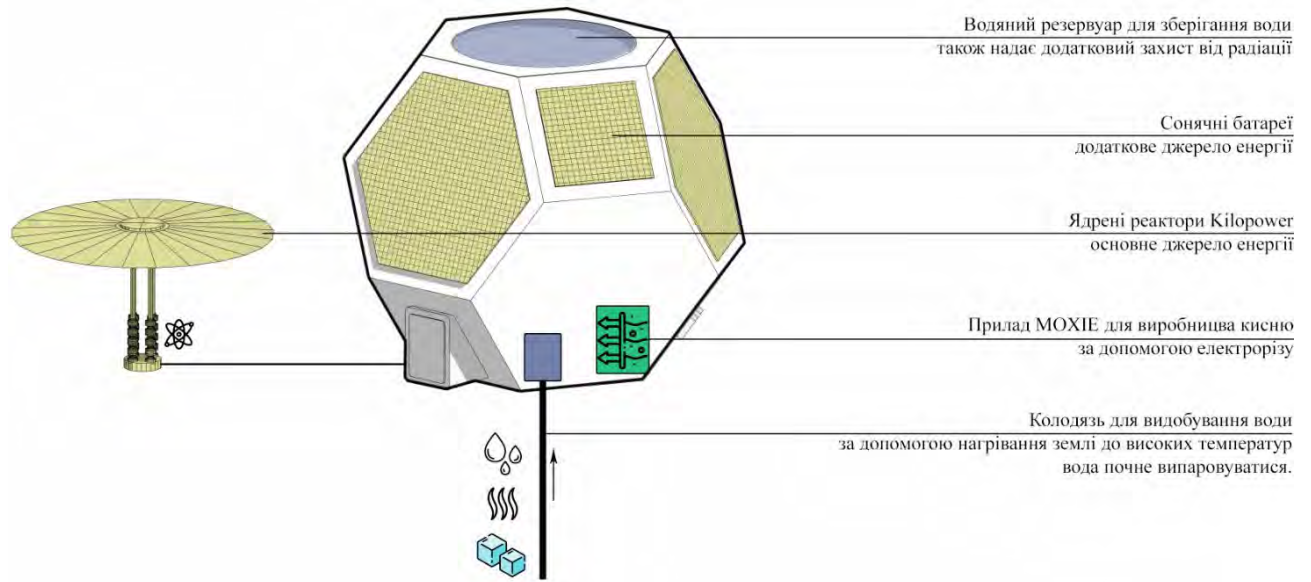


Рис. 5.37. Схема використання енергетичних систем

### 5.2.3. Постачання кисню

MOXIE є одним із багатьох експериментів НАСА щодо використання ресурсів на місці (ISRU) і першим, що проводиться в реальних умовах безпосередньо на Марсі. (рис. 5.38.)

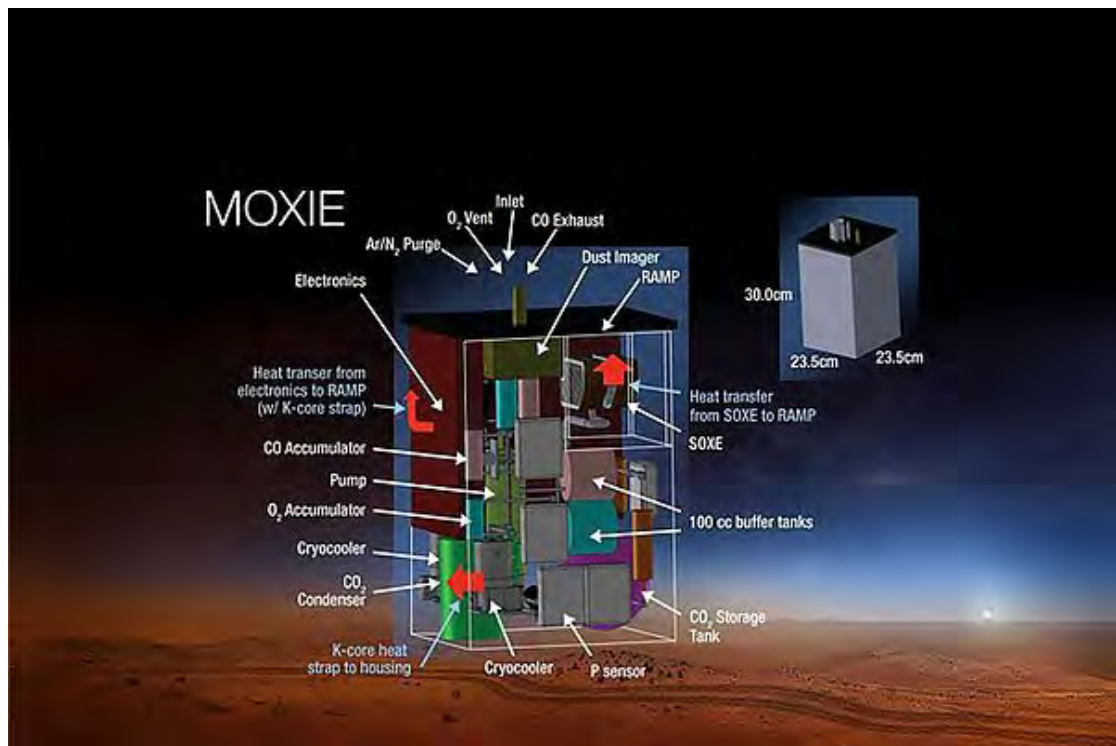


Рис. 5.38. Прилад MOXIE

МОХІЕ буде виробляти кисень  $O_2$  з  $CO_2$  з марсіанської атмосфери за допомогою електролізу твердого оксиду.

Незважаючи на необхідні компроміси в поточній конструкції МОХІЕ, інструмент показав, що він може надійно та ефективно перетворювати атмосферу Марса на чистий кисень. Він робить це, спочатку втягуючи марсіанське повітря через фільтр, який очищає його від забруднень. Потім повітря піддається тиску та направляється через твердооксидний електролізер (SOXE), інструмент, розроблений і створений компанією OxEon Energy, який електрохімічно розщеплює насичене двоокисом вуглецю повітря на іони кисню та чадний газ.

Потім іони кисню виділяються та рекомбінуються з утворенням придатного для дихання молекулярного кисню або  $O_2$ , який МОХІЕ потім вимірює на кількість і чистоту перед тим, як нешкідливо випустити його назад у повітря разом із чадним газом та іншими атмосферними газами.

Наразі МОХІЕ показав, що він може виробляти кисень майже в будь-який час марсіанського дня та року.

#### **5.2.4. Водопостачання та водовідведення**

Воду на Марсі добуватимуть з ґрунту. Марсоходи ще до прибуття людини вивчатимуть ґрунт і вибирати місця, сприятливі для поселення. Спеціальна апаратура буде нагрівати землю до високих температур. Вода почне випаровуватися, та потім її відокремлять від ґрунту і помістять в спеціальне сховище.

Уже використана вода буде проходити цикл очищення, яка займає набагато менше часу, ніж видобуток води за новою. Тільки вода, непридатна для фільтрації, буде відновлюватися через випаровування з ґрунту. Таким чином, кожен житель Марса зможе використовувати до 50 л води в день, що цілком достатньо для комфортного життя.

### 5.2.5. Електропостачання

Електроенергія буде отримуватися за допомогою ядерних реакторів Kilopower (рис. 5.39.).



Рис. 5.39. Ядерні реактори Kilopower в середовищі Марсу

Система Kilopower — це доступна маломасштабна атомна електростанція з ядерним поділом, яка розроблена для виробництва від 1 до 10 кВт електроенергії для підтримки майбутніх космічних перевезень NASA та місій дослідження планет (рис. 1). Система Kilopower використовує перетворення Стірлінга для генерації електроенергії. Теплова енергія, вироблена в ядерному реакторі поділу, передається до гарячого кінця конвертора Стірлінга через серію високотемпературних (>800°C) теплових трубок лужного металу. Частина теплової енергії буде перетворена в придатну для використання електроенергію. Відпрацьоване тепло, що залишилося, необхідно відводити з холодної частини конвертора Стірлінга та остаточно відводити в космос через радіатори.

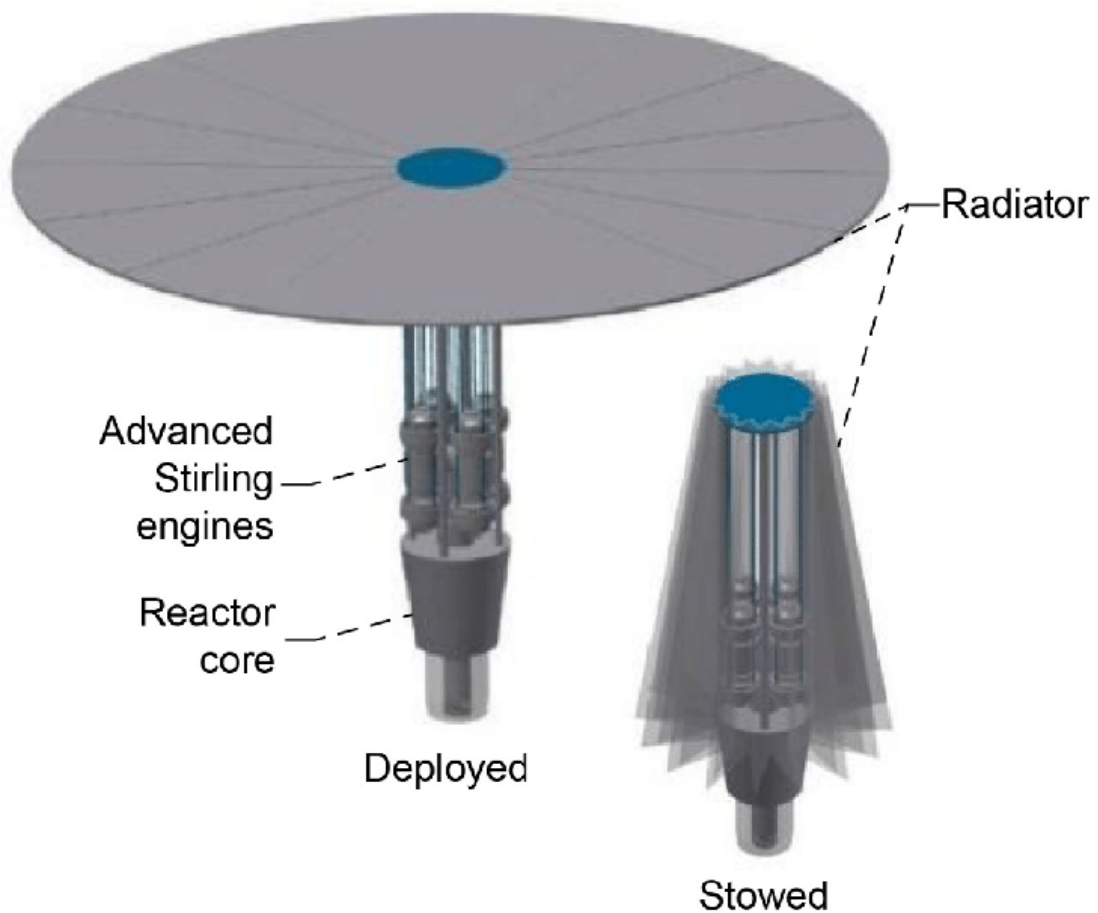


Рис. 5.40. Склад деталей ядерного реактору Kilopower

АСТ розробив і виготовив кілька титан-водяних теплових трубок із прикріпленими радіаторними панелями (рис. 5.40.). Їх теплові характеристики підтверджені експериментальними вимірюваннями, проведеними як у навколишньому середовищі, так і в просторі (тобто в термовакuumній камері). Теплові трубки титан-вода, що працюють при 400К, повинні бути здатними функціонувати та виживати за таких чотирьох умов:

1. Робота в просторі без сил тяжіння.
2. Робота на поверхні планети зі зниженою силою тяжіння для повернення робочої рідини.
3. Випробування на землі для оцінки ефективності космічної діяльності. Для цього випарник теплової труби має бути трохи вищим (~0,1 дюйма), ніж конденсатор.

4. Виживання та відновлення після замороженого стану. Під час запуску теплові труби будуть орієнтовані проти сили тяжіння, а температура поглинача може бути нижчою за точку замерзання робочої рідини. Необхідно включити спеціальну конструкцію гнота для управління робочою рідиною в тепловій трубі, яка може (а) уникнути залишення рідини всередині конденсатора та розриву труби під час замерзання та (б) забезпечити достатню кількість робочої рідини для запуску тепла труби після заморожування.

### **Висновки до 5 підрозділу**

У 5 розділі пояснювальної записки надана характеристика конструктивного рішення будівель, що входять до складу поселення, розглянуті основні конструктивні елементи будівель. Конструктивне рішення обумовлене архітектурно-планувальною структурою будівель, поверховістю та природно-кліматичними особливостями місця проектування. Особливо на конструктивні рішення впливає тиск, сонячна радіація і сила тяжіння. Сила тяжіння в тричі менша ніж на землі, тому це зменшує конструктивні вимоги до несучих конструкцій. Через велику різницю тиску у внутрішньому та зовнішніх середовищах, розроблено герметичні стики гранів, які не повинні пропускати повітря на зовні.

Технічні рішення обумовлені планувальним рішенням, призначенням приміщень, висотою приміщень, режимом проживання мешканців, наявністю енергокомунікацій, тепловитратами будівель.



## РОЗДІЛ 6. ІКТ ТА BIM-МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Проект був виконаний в програмі Revit, візуалізація була зроблена в програмі Lumion.

Дипломна робота виконана в програмному комплексі Autodesk Revit – програмний комплекс для автоматизованого проектування, що реалізує принцип інформаційного моделювання будівництва (Building Information Modeling, BIM). Призначеного для архітекторів, конструкторів та інженерів-проектувальників. Пропонує можливості тримірного моделювання елементів зразків та плоского оформлення елементів оформлення, створення користувацьких об'єктів, організацію спільної роботи над проектом, підготовку до концепції та завершення випуску робочих креслень та специфікацій.

База даних Revit може містити інформацію про проекти на різних етапах життєвого циклу будівництва, від розробки концепцій до будівництва та зняття з експлуатації.

Спочатку за допомогою форми скошеного октаедру було створено стільник.

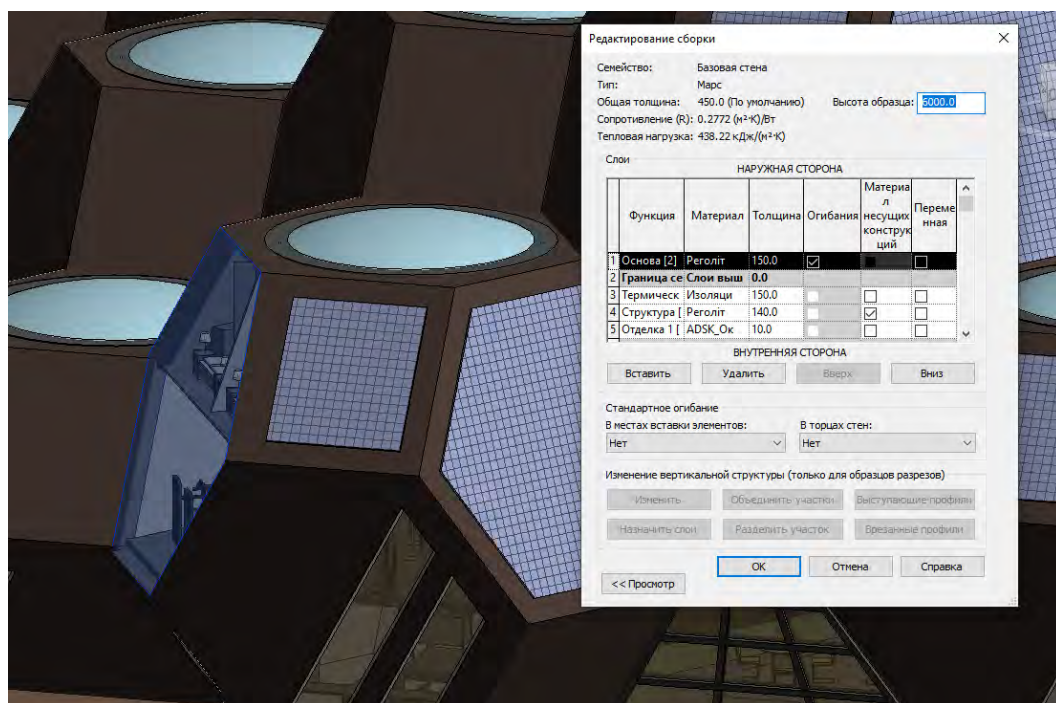


Рис. 6.41. Шарування стіни

Потім по гранях скошеного октаедру були створені несучі грані (інструмент стіна по грані). Форми октаедру поділилася по рівнях проекту, та



створювалися по них перекриття по гранях. Всі грані і перекриття будівлі мають шарування відповідно до конструктивного рішення проекту, тому при необхідності, можливо порахувати потрібний об'єм того чи іншого матеріалу.

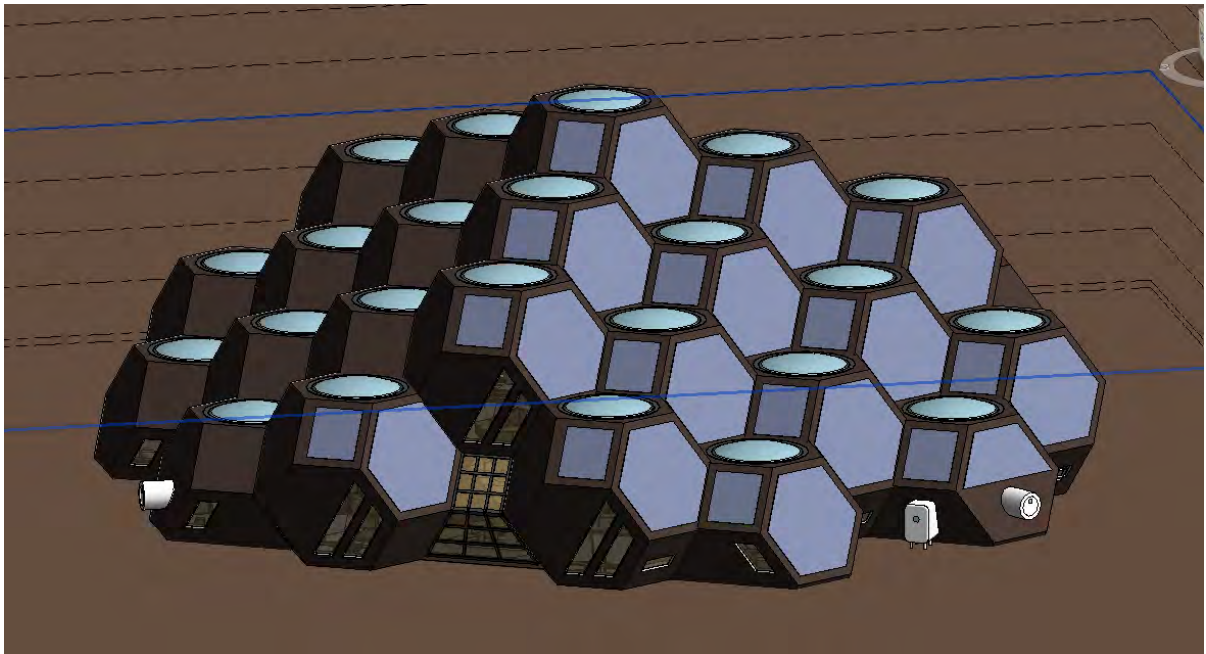


Рис. 6.42. Зовнішню оболонку

Після етапу формування зовнішньої оболонки, розпочався процес створення перегородок, сходових, клітин, та на кінець розстановка меблів (рис. 6.43.).

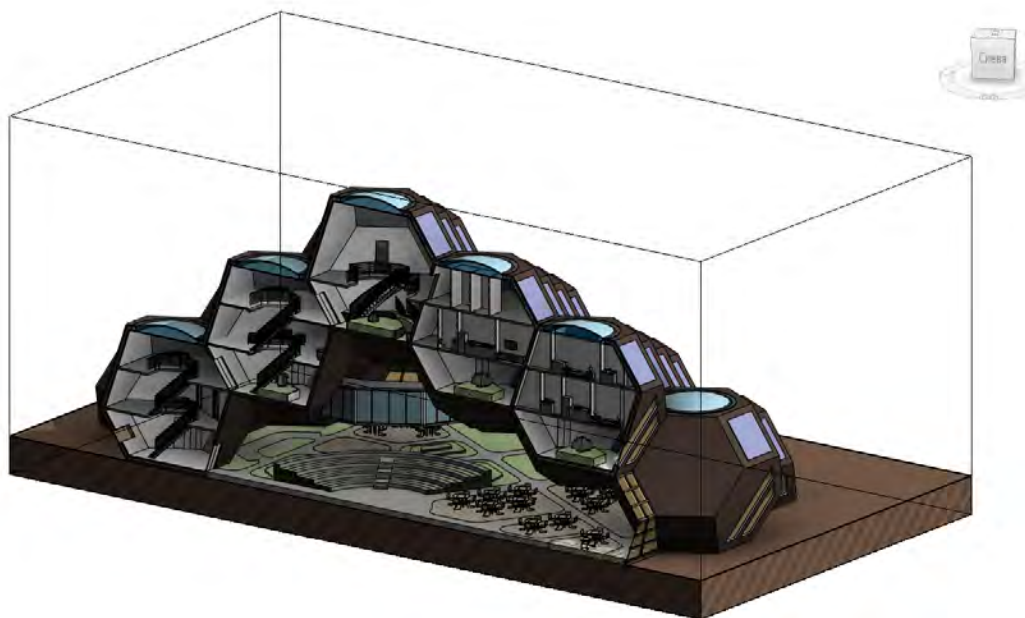


Рис. 6.43. 3Д розріз на якому можливо побачити елементи моделі проекту

## Висновки до 6 підрозділу

У розділі розглядається сутність поняття BIM технологій та його відмінні особливості на прикладі використання програмного комплексу Revit.

Наведено аналіз технології інформаційного моделювання та системи організації програмного модуля та його структурних компонентів з метою виявлення взаємозв'язку та взаємовпливу. Revit реалізує творчі задуми архітекторів, проектувальників та розробників інженерних систем, уособлюючи собою принцип спільної роботи. Надаючи можливість мислити обсягами, програма втілює не плоскі лінії, а тривимірні конструкції, що мають унікальні властивості. Програма призначена для створення та вивантаження готової документації та скомпонованих креслень.

Описано основні можливості та характеристики програми та специфіка роботи в ній. Перераховані дані, які відповідають за подання програми у ролі програми інформаційного моделювання. Такими даними виступали функціонал, параметричне моделювання та його властивості, візуалізація та рендеринг, спільна робота та взаємодія всіх учасників будівельного процесу, зв'язок з іншими програмами та модулями, можливість роботи з реальними матеріалами, конструкціями та виробами відповідно до технічної документації. Таким чином, за допомогою всіх цих факторів створюється віртуальна копія об'єкта проектування, яка надалі використовується як основа для будівництва та аналізується при експлуатації.

Застосування комп'ютерних технологій архітектурного проектування на основі Revit дало змогу прискорити створення проекту та у автоматизованому режимі отримати детально пророблені плани та об'ємну модель з відповідною проектно-конструкторською документацією.

## РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Навколишнє середовище – невід’ємна складова поселення на Марсі. Тому головною задачею архітектурно-планувальної організації є створення оптимального рішення, яке базується на засадах збереження екологічної рівноваги території, раціонального використання природних ресурсів, зменшення антропогенного впливу на екосистему та ландшафтів Марсу.

Забруднення навколишнього середовища здійснюється підчас будівництва об’єкту. Будівництво є одним з головних антропогенних факторів, які впливають на навколишнє середовище. Вплив на навколишнє середовище відбувається як під час самого будівництва, оскільки воно потребує достатньої кількості сировини, будматеріалів, енергетичних, водних та інших ресурсів, так і при експлуатації вже побудованих об’єктів.

*До основних факторів, що забруднюють навколишнє середовище на етапі будівництва відносяться:*

- *земляні роботи;*
- *матеріали, використані для будівництва;*
- *велика кількість сміття, пилу та інших відходів, що виникає, якщо будівництво відбувається на раніше забудованій території, при демонтажі;*
- *побічні продукти користування будівельною технікою;*

Поселення на Марсі при монастирі передбачає підвальний поверх, тобто потребує виконання додаткових земляних робіт. При зведенні підземної частини будівель і споруд в першу чергу порушуються природні умови, тому при проектуванні будівель і споруд, а також методів їх зведення необхідно прогнозувати можливі зміни навколишнього природного середовища і розробляти необхідні заходи захисту і збереження природи.

Характер порушення природного навколишнього середовища при зведенні підземної частини будівель і споруд різноманітний, причому на цей характер істотний вплив чинить вид виконуваних робіт. При підземних розробках ґрунту

відбувається осідання поверхні землі, що веде до утворення на поверхні тріщин, воронок, поглиблень, які, не маючи стоку, перетворюються в болота.

Транспортування і зберігання ряду будівельних матеріалів (реголіт, біокомпозиту реголіту, білка, пластику, хімічні речовини та інших), можуть призвести до забруднення середовища Марсу.

Забруднюється також і повітря при виконанні таких технологічних процесів, як термічне або хімічне закріплення, приготування розчинів. Таким чином, на багатьох будівельних майданчиках концентрація забруднень повітряного басейну досить висока.

Після закінчення будівництва, при експлуатації будівель з'являються такі проблеми з накопичення величезної кількості будівельного сміття, яке створює додаткове навантаження на міські екосистеми.

Введення в експлуатацію будинків, будівель, споруд та інших об'єктів здійснюється за умови виконання в повному обсязі передбачених проектною документацією заходів з охорони навколишнього середовища.

Забороняється введення в експлуатацію будинків, будівель, споруд та інших об'єктів, не оснащених технічними засобами і технологіями знешкодження та безпечного розміщення відходів виробництва і споживання, знешкодження викидів і скидів забруднюючих речовин, що забезпечують виконання встановлених вимог в області охорони навколишнього середовища. Забороняється введення в експлуатацію об'єктів, не оснащених засобами контролю за забрудненням навколишнього середовища, без завершення передбачених проектами робіт з охорони навколишнього середовища.

На всіх етапах розробки проектної документації, починаючи від вибору місця будівництва, узгодження вироблених рішень по вибраному майданчику з відповідними органами та організаціями, розроблення завдань на проектування і закінчуючи розробкою власної проектно-кошторисної документації для всіх об'єктів, визначати рішення, що приймаються, повинні вимоги раціонального використання земель, рекультивації земельних ділянок після зведення об'єктів, використання родючого шару ґрунту, охорона навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів та економне витрачання

матеріальних та паливно-енергетичних ресурсів (зокрема посилення теплоізоляції об'єктів будівництва, облік витрат теплоносія і т. д.).

***Основними принципами охорони навколишнього середовища є:***

- пріоритетність вимог екологічної безпеки;
- обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів, лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської та іншої діяльності;
- гарантування еко- безпеки середовища для життя і здоров'я людей;
- екологізація матеріального виробництва;
- поєднання екологічних, економічних і соціальних інтересів суспільства на основі міждисциплінарних знань, екологічних, природничих, технічних та інших наук;
- гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища;
- збереження просторового та видового різноманіття;
- цілісність природних об'єктів і комплексів;
- прогнозованість якості стану навколишнього природного середовища;
- дотримання вимог лімітів використання природних ресурсів;
- поєднання засобів стимулювання при дотриманні вимог екологічного законодавства і юридичної відповідальності при порушенні цих вимог;
- міжнародне співробітництво в екологічній сфері та інше.

Дотримання вказаних принципів створює необхідні умови для відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, попередження та ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів.

***Основні заходи з охорони навколишнього середовища:***

- комплексне вивчення майданчика забудови за допомогою інженерно-екологічних вишукувань (для обґрунтування будівництва та іншої господарської діяльності з метою запобігання, зниження або ліквідації несприятливих екологічних і пов'язаних з ними соціальних,

економічних та інших наслідків і збереження оптимальних умов життя населення);

- дотримання санітарно-гігієнічних відстаней від джерел виділення шкідливих речовин, які визначені нормами технологічного проектування;
- контроль за станом повітря робочої зони за допомогою автоматичних газоаналізаторів або інших стандартизованих методів у приміщеннях, на об'єктах, на майданчиках, ділянках, де можливе виділення пилу (цементу, глинопорошку, бариту), газів (вуглеводнів, сірководню, діоксиду сірки, оксидів азоту, оксиду вуглецю), пари і аерозолів (зварювальний аерозоль, пари HCl, хлор і його з'єднання);
- утилізація будівельного сміття шляхом переробки будівельних відходів;
- встановлення фільтрів на технологічному обладнанні виробничих приміщень кухні та майстерень;

### **Висновки до 7 розділу**

Охорона праці у поселенні на Марсі необхідна для комфортної та безпечної життєдіяльності вихованців та працівників. В результаті аналізу існуючих ризиків та небезпечних місць були виявлені основні питання щодо охорони праці зовнішніх та внутрішніх просторів об'єкту проектування. На основі переліку цих питань розроблені основні заходи щодо охорони праці.

Передбачено утилізація будівельного та побутового сміття, встановлення фільтрів для технологічного обладнання лабораторій та теплиць, контроль за станом повітря за допомогою стандартизованих методів у приміщеннях.



## РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Важливою умовою проектування поселення на Марсі є охорона праці при будівництві та експлуатації об'єкту, оскільки безпека будівельників на етапі зведення будівель і споруд та безпека тих, хто в подальшому буде жити і працювати у цьому середовищі, тісно пов'язана з тим, які умови для праці будуть створені, наскільки вони відповідатимуть чинним нормативам та стандартам.

Основними завданнями у трудових відносинах є захист здоров'я та життя людини від можливих небезпек, а також розробка заходів щодо створення і підтримки здорових та безпечних умов праці та діяльності людини.

### 8.1. Небезпечні та шкідливі фактори при будівництві та експлуатації поселення на Марсі

*При експлуатації* поселення на Марсі виникають наступні питання, пов'язані із безпекою життєдіяльності та цивільним захистом:

#### 1) *питання, характерні для відкритих просторів території:*

- *Відстані від посадкового майданчику ракети, та ядерних реакторів що можуть пошкодити поселення у разі вибуху;*
- *Розчищення проїздів від природній перешкод, що передбачають можливість проїзду для марсоходів;*
- *Розміщення майданчиків для смітєвих баків та урн для сміття;*
- *Безпечне обладнання ангарів для ремонту марсоходів та їх зберігання.*

Безпека життєдіяльності - це стан діяльності, коли з певною ймовірністю виключаються потенційні небезпеки, які впливають здоров'я людини. Безпеку слід вживати як комплексну систему, заходів щодо захисту людини та середовища її проживання від небезпек, що формуються конкретно діяльністю. Чим складніший вид діяльності, тим компактніша система захисту.

Для забезпечення безпеки конкретної діяльності повинні бути вирішені три такі завдання:

1. Повний детальний аналіз небезпек, що формуються в діяльності, що вивчається.

2. Розробка ефективних заходів захисту людини та довкілля від виявлених небезпек. Під ефективними маються на увазі такі заходи захисту, які за мінімуму матеріальних витрат дають максимальний ефект.

3. Розробка ефективних заходів захисту від залишкового ризику цієї діяльності. Вони необхідні, оскільки забезпечення абсолютної безпеки діяльності неможливо вжити. Забезпеченням безпеки життєдіяльності людини (робітників, обслуговуючого персоналу) на виробничих підприємствах займається охорона праці.

Охорона праці - це звід законодавчих актів та правил, відповідних їм гігієнічних, організаційних, технічних та соціально-економічних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я та працездатність людини в процесі праці.

Здійснення заходів щодо зниження виробничого травматизму та професійної захворюваності, а також покращення умов роботи праці ведуть до професійної активності трудящих, зростання продуктивності праці та скорочення втрат під час виробництва. Оскільки охорона праці найповніше складає основи нової технології та наукової організації праці, то розробки та проектуванні об'єкта застосовуються нові розробки.

Керівництвом призначається відповідальний щодо організації охорони праці.

Він зобов'язаний:

- стежити за виконанням існуючих норм, правил, інструкцій та наказів з техніки безпеки;
- не допускати до роботи осіб, які не пройшли інструктаж за безпечними правилами та прийомами виконання робіт, а також не використовувати технічні засоби;
- не відповідати вимогам технічної безпеки;
- вживати заходів щодо забезпечення робочих спецодягом, захисними пристроями та пристроями;
- своєчасно вживати заходів, що запобігають нещасним випадкам;

- організувати навчання з техніки безпеки всіх робітників та службовців підприємств.

Перед початком робіт весь обслуговуючий персонал зобов'язаний пройти інструктаж з безпеки з відповідною реєстрацією теми інструктажу та підписів у журналі встановленої форми. При виконанні всіх видів робіт на території повинна дотримуватись технологія виробничих процесів, яка розроблена з урахуванням чинних правил та норм з техніки безпеки.

**2) питання, пов'язані із перебуванням людини у закритих будівлях та спорудах об'єкту проектування:**

- охорона пожежної безпеки,
- комфортний температурний режим приміщень,
- захист від надмірної сонячної радіації,
- шумоізоляція майстерень із виробничим обладнанням,
- використання екологічно чистих, нетоксичних конструкційних та оздоблювальних матеріалів.
- ізоляція лабораторій, що можуть нести небезпеку для житлового середовища.

**8.2. Організаційні та технічні заходи по усуненню небезпечних та шкідливих чинників**

1. Відстані від посадкового майданчику ракети, та ядерних реакторів що можуть пошкодити поселення у разі вибуху:

- розташування поселення від посадкового майданчику ракети повинно буди на північ або на південь 500 метрів від поселення.
- Розташування ядерних реакторів, повинно бути не менше 500 метрів від поселення.

2. Розчищення проїздів від природній перешкод, що передбачають можливість проїзду для марсоходів;

- Розчищення проїздів від природніх перешкод буде виконуватися спеціальною технікою, ширина розчищеного проїзду 6 м.

### ***3. Майданчики для сміттєвих контейнерів:***

- Місце для зберігання сміття передбачено недалеко від поселення, в ізольованих контейнерах.

### ***5. Безпечне обладнання ангарів для обслуговування марсоходів:***

- Утеплення стін пінополіуретаном, для контролю температурного режиму приміщень.
- Стіни з використанням листів алюмінію та свинцю для підвищення захисту від сонячної радіації.
- Обладнаннями шлюзами за для збереження кисню всередині приміщення

### ***6. Пожежна безпека:***

- Заходи пожежної безпеки надзвичайно важливі на марсіанській базі, оскільки неконтрольована пожежа може призвести до повної втрати поселення. Системи виявлення диму та тепла повинні включені в дизайн середовища проживання та пов'язані з моніторингом навколишнього середовища та системою сигналізації, також уся команда матиме доступ до системи зв'язку для подання тривоги та прямої допомоги. Для пожежогасіння буде зберігати запаси води. Для гасіння пожежі в комп'ютерних системах та навколо них (що буде критично важливим для роботи та безпеки середовища проживання) необхідно забезпечити галоніві вогнегасники, оскільки вода, вуглекислий газ та багато інших речовин для гасіння пожежі можуть завдати шкоди цьому обладнанню, окрім самого обладнання.
- Для критичних ситуацій можливе закачування окремих блоків атмосферою Марса, для гасіння пожежі, але деякі метали неможливо загасити таким способом, наприклад магній чи титан. Для боротьби з цими пожежами можна використовувати гранульований графіт, деякі синтетичні рідини та в обмеженій мірі водяний туман.

### ***7. Комфортний температурний режим приміщень, нормалізація повітря всередині приміщень:***

- розрахунок товщини огорожуючих конструкцій, яка є достатньою для природно-кліматичних умов місцевості,
- опалення, вентиляція та кондиціонування.

#### ***8. Захист від надмірної сонячної радіації:***

- застосування у віконних отворах жалюзів з фрактованим свинцем, між прошарком скління.
- Використання водяного резервуара вонтованого в покрівлю, який за допомогою свої оптичним здібностям розсіюватиме промені сонця.
- Товщина зовнішніх гранів, становитиме 450 мм, з використанням листів алюмінію та свинця, цього є достатньо для зменшення кількості радіації

#### ***9. Шумоізоляція приміщень із технологічним обладнанням:***

- розміщення майстерень на віддаленні від житлових та громадських приміщень, відділення їх приміщеннями господарського призначення,
- шумоізоляція стелі та гранів.

#### ***10. Використання екологічно чистих матеріалів:***

- вибір матеріалів зовнішнього та внутрішнього оздоблення будівель, які не виділяють у повітря токсичних та інших шкідливих речовин (вироби з дерева, пробки, каменю, керамічні вироби, гіпсокартон тощо),
- контроль якості матеріалів.

#### ***11. Ізоляція лабораторій, що можуть нести небезпеку для житлового середовища:***

- Для захисту від проникнення бактерій від досліджувальних зразків Марсу в житлове середовище, передбачена лабораторія первинного дослідження, яка є ізольована, має окремий шлюз для отримання зразків безпосередньо з середовища Марсу, що дає змогу не проносити його через загальний простір.

### ***Вимоги до приміщень***

Сходи та коридори повинні бути обладнані аварійним освітленням. Двері, які ведуть з загальних коридорів на сходи або безпосередньо з будинку, повинні бути доступними для евакуації.

В коридорах, на сходових площадках і на дверях, які ведуть до шляхів евакуації, або безпосередньо на вулицю, повинно бути нанесене символічне зображення знаку “ВИХІД” - відчинених дверей з силуетом людини, яка біжить і стрілки, що вказує рух людини до виходу (ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»).

Сходові площадки, евакуаційні виходи, проходи, коридори і тамбури повинні постійно утримуватись вільними від будь-яких предметів, що можуть перешкоджати руху людей.

Меблі та обладнання мають бути розміщені таким чином, щоб постійно був забезпечений вільний евакуаційний прохід до дверей приміщення (завширшки не менш ніж 1 м.)

Розташовані в коридорах і на сходових площадках шафи з електроцитами повинні бути завжди зачинені.

Технічний поверх (підвал) повинен утримуватись в чистоті і порядку. Двері і люки горищ, технічних поверхів, підвалів, вентиляційних камер повинні бути протипожежними з межею вогнетривкості 0,75 години і утримуватись в закритому (зачиненому) стані.

#### ***В будинку ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:***

- зберігати на сходових площадках і в коридорах, а також під сходами будь-які легкозаймісті матеріали і меблі;
- проводити відігрівання водопровідних, каналізаційних труб і труб центрального опалення паяльними лампами або іншими способами з застосуванням відкритого вогню;
- проводити електрозварювальні роботи без попередньої очистки місця зварки від горючих матеріалів і без забезпечення місця проведення зварювальних робіт первинними засобами ліквідації пожежі;
- палити та користуватись відкритим вогнем у підвалах, на горищах та інших місцях зберігання горючих матеріалів;

- влаштувати склади горючих матеріалів, в приміщеннях підвалів;
- застосовувати легкозайmistі та горючі рідини для миття підлоги;
- залишати без нагляду електрообладнання і електроприлади, що знаходяться під високою напругою;
- проводити сушку горючих матеріалів на радіаторах та інших приладах опалення.

### ***Електроприлади, електромережі та освітлення.***

Все електроустаткування повинно відповідати вимогам “Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів” (zareestrovano 25 жовтня 2006 р. за № 1143/13017). При розміщенні електроустаткування в приміщеннях слід урахувувати ризик перевантаження електричної мережі внаслідок потенційної одночасної роботи відповідного електроустаткування.

Створення та експлуатація тимчасових електромереж не допускається.

Все електроустаткування повинно мати захист від струмів короткого замикання та інших відхилень від нормальних режимів, які можуть викликати пожежу і загорання.

В коморах з наявністю матеріалів, що горять, електросвітільники повинні бути обладнані захисними скляними ковпаками.

***При експлуатації електромереж та електроприладів ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:***

- користуватись електропроводкою з пошкодженою ізоляцією, несправним електроустаткуванням;
- застосовувати для захисту електромережі замість автоматичних запобіжників та каліброваних плавких вставок захист кустарного виготовлення (жучки, скрутки, з дроту);
- користуватись електропрасками, електроплитками, електрочайниками, електрокамінами та ін. нагрівальними приладами в приміщеннях, окрім спеціально призначених приміщень;
- Проводити самостійно демонтаж електромереж та електроустаткування;
- Складувати біля електрощитів, розеток папір і легкозайmistі матеріали.

***Утримання засобів гасіння пожежі.***



Приміщення мають бути забезпеченими первинними засобами гасіння пожежі. Використання пожежної техніки і первинних засобів гасіння пожежі не за призначенням категорично забороняється.

Крани внутрішнього пожежного водопроводу повинні бути обладнані рукавами і стволами, розміщеними в заплombованих шафах. Пожежні рукави повинні бути сухими, добре скатаними і прикріпленими до кранів. Використання їх на господарські потреби категорично забороняється.

На дверцятах шаф пожежних кранів повинен бути чітко вказаний індекс літерами “ПК”, його номер і номер виклику пожежної допомоги.

Вогнегасники повинні розташовуватись на висоті не більш як 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця і на відстані не менш як 1,2 м від краю дверей при їх відчиненні; встановлюватись так, щоб було видно інструктивний надпис на його корпусі. Зарядка і перезарядка вогнегасників повинна проводитись згідно з інструкцією по їх експлуатації.

Працездатність протипожежної сигналізації та засобів оповіщення повинна періодично перевірятися, згідно технічних вимог.

### **Висновок до 8 розділу**

Оскільки охорона навколишнього середовища є невід’ємною складовою проекту поселення на Марсі, на всіх етапах проектування, будівництва та експлуатації об’єкту необхідно проводити заходи щодо збереження та відновлення природних ресурсів, впроваджувати новітні технології, що заощаджують вичерпні джерела енергії, проводити профілактичні заходи для очищення території від забруднень.

Важливим є вибір оптимального проектного рішення, що дозволяє уникнути формування дискомфортних зон, створити оптимальний мікроклімат середовища, при якому негативний вплив поселення на навколишнє середовище буде мінімальний.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті проведеного магістерського дослідження було виявлено теоретичні основи формування поселення на Марсі, досягнута його мета та реалізовані завдання дослідження. При цьому одержано такі результати.

1. На основі проведеного аналізу літературних джерел (методичних матеріалів та матеріалів наукових праць, присвячених кліматичним, природнім, астрономічним показникам Марсу та приклади утворення архітектурних середовищ проживання), вивчено сучасний стан досліджуваної проблеми, а також, враховуючи стрімкий розвиток процесів освоєння Марсу, було виявлено необхідність розробки теоретичних основ формування поселень на Марсі.

2. Виявлено проблемні аспекти формування поселень на Марсі, в яких було порівняно кліматичні, природні та астрономічні показники Землі та Марсу. За результатами дослідження кліматичних та фізичних показників обох планет видно, що Марс має як суттєві відмінності, так і деяку подібність з параметрами Землі, що робить його однією з планет сонячної системи, придатної для існування на ній людства. Було проаналізовано залежність місця розташування від кліматичних показників та розглянуто перспективні ділянки для розташування майбутнього поселення. З'ясовано, які ресурси є в наявності планети, та які стануть нам в нагоді при утворення перших поселень. Розглянуті запропоновані джерела енергії.

3. Запропоновано і порівняно два підходи щодо реалізації дизайну архітектурного середовища поселень на Марсі: 1) утворення поселення на поверхні планети, 2) утворення "підземного" поселення. З'ясовано їх переваги та недоліки

4. За результатами проведеного дослідження розроблено пропозиційні методичні рекомендації щодо використання теоретичних основ формування поселень на Марсі.

5. Результати дослідження було апробовано під час експериментального архітектурного проектування поселення на Марсі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Карасьова Л. Как будет выглядеть жизнь на Марсе // РБК Тренды URL: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/602fa0e09a7947edc0bba1c9> (03.03.2021).
- [2] Карпенко Т.В., Дорошенко Ю.О. Дизайн архітектурного середовища житлового простору поселень на Марсі // ПОЛІТ 2022: Матеріали XXII Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Політ. Сучасні проблеми науки». Архітектура. Будівництво. Дизайн (м. Київ, 3 – 5 травня 2022 року). – К.: НАУ, 2022. – 113-115с.
- [3] Карпенко Т.В., Дорошенко Ю.О. Перспективне бачення дизайну архітектурного середовища поселення Марсу // АРХІТЕКТУРА ТА ЕКОЛОГІЯ: Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 9 – 11 листопада 2021 року). – К.: НАУ, 2021. – 113-115с.
- [4] Карпенко Т.В., Дорошенко Ю.О. Проблемні аспекти формування поселення на Марсі // Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика» (м. Київ 26–27 жовтня 2021 року). – К., КНУБА, 2021. – С. 161–162.
- [5] Колесник М. Вчені назвали місце для першої колонії на Марсі // Новини Live веб-ресурс URL: <https://novyny.live/ru/science/uchenye-nazvali-mestodlia-pervoi-kolonii-na-marse-6117.html> (19.07.2020).
- [6] Марс - красная звезда. Описание местности. Атмосфера и климат. <http://galspace.spb.ru/index41.html> - Проект "Исследование Солнечной системы". 29 сентября 2017.
- [7] Полезные ископаемые планет Солнечной системы Hi-Tech Лаборатория - Новости высоких технологий (29 августа 2017).
- [8] A.D. Roberts D.R. Whittall R. Breitling E. Takano J.J. Blaker S. Hay N. S. Blood, sweat, and tears: extraterrestrial regolith biocomposites with in vivo

- binders// Materials today Bio Scrutton [Volume 12](#), September 2021, <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2021.100136>
- [9] Adams, C. M.; McCurdy, M. R.; Pauly, K. (2000). Optimized Space Mission and Vehicle Design: Habitability as a Tier-One Criterion in Advanced Space Mission and Vehicle Design, Part Three // (SAE 2000-012332). Warrendale PA: Society of Automotive Engineers. <https://doi.org/10.4271/2000-01-2332>
- [10] Benjamin Klamm. Passive Space Radiation Shielding: Mass and Volume Optimization of Tungsten-Doped PolyPhenolic and Polyethylene Resins // In Proceedings from the 29th AIAA/USU Conference on Small Satellites. American Institute of Aeronautics and Astronautics/Utah State University, Aug 2015.
- [11] Brabaw K. MIT Team Wins Mars City Design Contest for 'Redwood Forest' Idea // Space.com веб-ресурс URL: <https://www.space.com/38881-mit-team-wins-mars-city-design-competition.html> (25.11.2017).
- [12] Collin Skocik, [NASA concept for generating power in deep space a little KRUSTY.](#) // SpaceFlight Insider URL: <https://www.spaceflightinsider.com/space-centers/glenn-research-center/nasa-concept-for-generating-power-in-deep-space-a-little-krusty/> (July 21. 2019)
- [13] Cushing, G. E.; Titus, T. N.; Wynne1, J. J.; Christensen, P. R. "THEMIS Observes Possible Cave Skylights on Mars" (PDF).
- [14] Fogg, Martyn J. (1997). "The utility of geothermal energy on Mars" (PDF). *Journal of the British Interplanetary Society*. 49: 403–22.
- [15] Hander M., Dr. Schneider G., Hansen C. A Permanent Habitat for the Colonization for Mars – South Australia, Adelaide, The University of Adelaide School of Mechanical Engineering (2009).
- [16] Hecht, M., Hoffman, J., Rapp, D., McClean, J., SooHoo, J., Schaefer, R., Aboobaker, A.; Mellstrom, J.; Hartvigsen, J.; Meyen, F.; Hinterman, E. Mars Oxygen ISRU Experiment (MOXIE) // [Space Science Reviews](#). 2021. 217, 9 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11214-020-00782-8>

- [17] I. Hublitz, D.L. Henninger, B.G. Drake, P. Eckart Engineering concepts for inflatable Mars surface greenhouses // [Advances in Space Research Volume 34, Issue 7](#), 2004, Pages 1546-1551 <https://doi.org/10.1016/j.asr.2004.06.002>
- [18] Jiawen Liu, Hui Li, Lijun Sun, Zhongyin Guo, John Harvey, Qirong Tang, Haizhu Lu, Ming Jia, In-situ resources for infrastructure construction on Mars: A review // [International Journal of Transportation Science and Technology](#). 2022. [Volume 11](#), Issue 1. P 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2021.02.001>
- [19] Marc M. Cohen, First Mars Habitat Architecture // AIAA 2015 Space and Astronautics Forum – 31 Aug-2 Sep 2015, Pasadena, California. <https://doi.org/10.2514/6.2015-4517>
- [20] [Marc Mitchell Cohen](#), Pressurized Rover Airlocks // 30<sup>th</sup> International Conference On Environmental Systems, SAE Technical Paper 2000-01-2389, 2000, <https://doi.org/10.4271/2000-01-2389>
- [21] [Marianne Rudisill](#), Ph.D. ; [Robert Howard](#), Ph.D. ; [Brand Griffin](#) ; [Jennifer Green](#), Lunar Architecture Team: Phase 2 Habitat Volume Estimation:” Caution When Using Analogs” // 11th Biennial ASCE Aerospace Division International Conference on Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments [https://doi.org/10.1061/40988\(323\)101](https://doi.org/10.1061/40988(323)101)
- [22] *Maxey, Kyle "Can Oxygen Be Produced on Mars? MOXIE Will Find Out" // Engineering.com. веб-ресурсы URL: <https://www.engineering.com/story/can-oxygen-be-produced-on-mars-moxie-will-find-out> (August 5, 2014).*
- [23] Melodie Yashar, Christina Ciardullo, Michael Morris, Rebecca Pailes-Friedman *SEArch+ (Space Exploration Architecture) LLC, New York, NY 10023*, Dr. Robert Moses, *NASA Langley Research Center, Hampton, VA 23666* and Daniel Case, *University of Colorado, Boulder CO 80309* Mars X-House: Design Principles for an Autonomously 3DPrinted ISRU Surface Habitat // 49th International Conference on Environmental Systems ICES-2019-268 7-11 July 2019, Boston, Massachusetts

- [24] Mike Brown, How much would it cost to build a city on Mars? // Inverse. URL: <https://www.inverse.com/article/58458-spacex-mars-city-here-s-how-much-it-would-cost-to-build> (29. 10. 2019)
- [25] Robert Shishko, René Fradet, Sydney Do, Serkan Saydam, Carlos Tapia - Cortez Ph.D., Andrew G. Dempster, Jeff Coulton, Mars Colony *in situ* resource utilization: An integrated architecture and economics model // [Acta Astronautica Volume 138](#), September 2017, Pages 53-67.
- [26] Staff (2015). Mars Weather. // *Centro de Astrobiologia (CAB)*;
- [27] The Mars Oxygen ISRU Experiment (MOXIE) Archived 2016-12-22 at the Wayback Machine PDF. Presentation: "MARS 2020 Mission and Instruments". (November 6, 2014).
- [28] Tony C. Slaba and Nicholas N. Stoe., Evaluation of HZETRN on the Martian Surface: Sensitivity Tests and Model Results. // [Life Sciences in Space Research Volume 14](#), August 2017, Pages 29-35  
<https://doi.org/10.1016/j.lssr.2017.03.001>
- [29] Tony C. Slaba, Christopher J. Mertens, and Steve R. Blattnig. Radiation Shielding Optimization on Mars // Technical Report NASA TP-2013-217983, National Aeronautics and Space Administration, 2013.
- [30] University of New South Wales, Mars Settlement Likely by 2050 Says Expert // SciTechDaily URL: <https://scitechdaily.com/mars-settlement-likely-by-2050-says-expert-but-not-at-levels-predicted-by-elon-musk/> (march 19, 2021)
- [31] Zhuikov D., Ageeva A., Krastev K. mars colonization // *zaarchitects веб-pecypc* URL: <http://www.zaarchitects.com/en/other/103-mars-colonization.html> (2013).

## Додаток А. Копії публікацій

Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика» (Київ, 26-27 жовтня 2021 року).

КОМІТЕТ ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАДИ, МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ, РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ТА МІСТОВБУДУВАННЯ  
 МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД ТА ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ  
 КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ (КНУБА)  
 ДП НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА (ДП «НДІБВ»)  
 АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ (АБУ)  
 НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МИСТЕЦТВ УКРАЇНИ  
 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНОГО БУДІВНИЦТВА (НДІ ІНБУД)  
 ІНСТИТУТ МЕНЕДЖМЕНТУ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ (ISMA)  
 ПРЕДСТАВНИЦТВО „ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК“ (PAN)  
 СІЛЕЗЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (SUT)  
 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ТЕОРІЇ ТА ІСТОРІЇ АРХІТЕКТУРИ, МІСТОВБУДУВАННЯ І ДИЗАЙНУ (НДІПІАМД)  
 ДЕПАРТАМЕНТ МІСТОВБУДУВАННЯ ТА АРХІТЕКТУРИ КМДА  
 ДП «УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОЕКТУВАННЯ МІСТ «ДІПРОМІСТО» ІМ.Ю.М.БИЛОКОНЯ  
 ГРОМАДСЬКА СПІЛКА «НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКСПЕРТНО-БУДІВЕЛЬНИЙ АЛЬЯНС УКРАЇНИ»



**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

# ПРОГРАМА

**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ФОРУМ**  
**“Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика”**

<p>VI Міжнародна науково-технічна конференція  <b>“Ефективні технології в будівництві”</b></p>	<p>VII Міжнародна науково-технічна конференція  <b>“Архітектура історичного Києва. Інформаційні технології”</b></p>	<p>VIII Міжнародна науково-технічна конференція  <b>“Нові технології в будівництві”</b></p>
--	---	---

та партнери:



КИЇВ - 26-27 ЖОВТНЯ 2021



**16. МІСТОБУДІВНІ ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ КИЄВА**

ДЮЖЕВ головний спеціаліст Інституту  
Сергій Андрійович архітектурного менеджменту, Київ

**17. ЗАСТОСУВАННЯ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНОЇ АРХІТЕКТУРНОЇ СПАДЩИНИ**

ЖОВКВА доктор архітектури, доцент,  
Ольга Іванівна головний спеціаліст Департаменту  
містобудування та архітектури КМДА

**18. ЕКОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ АРХІТЕКТУРНОЇ РЕНОВАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

ЗАХЛЕНЮК студентка 6 курсу  
Марія Леонідівна кафедри теорії архітектури КНУБА  
ХАРАБОРСЬКА кандидат архітектури, доцент  
Юлія Олександрівна кафедри теорії архітектури КНУБА

**19. ЗМІНИ ІНДИКАТОРІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИ ВТІЛЕННІ ПРИНЦИПІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ СОЦІАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ В МІСТОБУДІВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

ЗІНОВ'ЄВА кандидат архітектури, доцент  
Олена Сергіївна кафедри дизайну архітектурного  
середовища КНУБА

**20. ЗАСОБИ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМУНІКАЦІЇ АРХІТЕКТОРІВ**

ІВАНОВА кандидат технічних наук,  
Лариса Сергіївна доцент кафедри інформаційних  
технологій в архітектурі КНУБА

**21. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАМІСЬКИХ БУДИНКІВ**

КАРАКАЙ студентка 6 курсу (АРХ-66) кафедри  
Вікторія Юріївна дизайну архітектурного середовища  
КНУБА  
ЗІНОВ'ЄВА кандидат архітектури, доцент  
Олена Сергіївна кафедри дизайну архітектурного  
середовища КНУБА

**22. ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ПОСЕЛЕНЬ НА МАРСІ**

КАРПЕНКО  
Тарас Віталійович студент ФАБД НАУ  
ДОРОШЕНКО доктор технічних наук, професор,  
Юрій Олександрович завідувач кафедри архітектури та  
просторового планування НАУ

<b>Головатюк</b> Аліна Костянтинівна Space and personality in the countries of the Far East.....	140
<b>Гулей</b> Дарина Володимирівна Сучасна практика ревіталізації промислових територій на прикладі арсенальної площі в місті Києві .....	141
<b>Давидюк</b> Ярослав Андрійович, <b>Шаламова</b> Катерина Юрївна Ретроспективний підхід у дизайні житлового архітектурного середовища .....	143
<b>Давідіч</b> Тетяна Феліксівна Актуальні проблеми взаємозв'язку архітектури та цивільної інженерії .....	144
<b>Денисенко</b> Анна Василівна, <b>Булах</b> Ірина Валеріївна Житловий дім карантинної епохи – потреба у переосмисленні традицій проектування.....	146
<b>Дин Ян</b> Сохранение исторических традиций и их модернизация в современной архитектуре Китая.....	148
<b>Довганюк</b> Анатолій Іванович Морфологія міського простору та структура забудови міста Чернівці .....	149
<b>Дожев</b> Сергій Андрійович Містобудівні проблеми збереження та охорони історико-культурної спадщини Києва .	151
<b>Жовква</b> Ольга Іванівна Застосування світового досвіду збереження історичної архітектурної спадщини .	153
<b>Захленок</b> Марія Леонідівна, <b>Хараборська</b> Юлія Олександрівна Екологічні прийоми архітектурної реновації промислових об'єктів .....	154
<b>Зінов'єва</b> Олена Сергіївна Зміни індикаторів сталого розвитку при втіленні принципів реконструкції об'єктів соціально-культурного обслуговування в містобудівному середовищі .....	156
<b>Іванова</b> Лариса Сергіївна Засоби професійної комунікації архітекторів .....	158
<b>Каракай</b> Вікторія Юрївна, <b>Зінов'єва</b> Олена Сергіївна Особливості проектування екологічних заміських будинків.....	159
<b>Карпенко</b> Тарас Віталійович, <b>Дорошенко</b> Юрій Олександрович Проблемні аспекти формування поселень на Марсі.....	161
<b>Кацап</b> Ірина Володимирівна, <b>Полубок</b> Андрій Павлович Вирішення проблеми житла на прикладі будинків з морських контейнерів.....	163
<b>Кисла</b> Олена Ігорівна, <b>Зінов'єва</b> Олена Сергіївна Особливості екологічного будівництва при проектуванні будівель на воді .....	165
<b>Ключник</b> Катерина Вікторівна, <b>Семикіна</b> Олена В'ячеславівна Прийоми архітектурної трансформації громадських будівель з урахуванням фактору епідеміологічної безпеки .....	166
<b>Козленко</b> Діана Анатоліївна, <b>Зінов'єва</b> Олена Сергіївна Особливості виконання завдань сталого розвитку при проектуванні ділових центрів ..	168

ХІІ Міжнародній науково-практична конференція «Архітектура та екологія»  
(Київ, 9-11 листопада 2021 року).



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ДИЗАЙНУ  
ALLBAU SOFTWARE GMBH  
GRAPHISOFT CENTER UKRAINE



# ПРОГРАМА

ХІІ Міжнародної  
науково-практичної конференції

**АРХІТЕКТУРА  
та ЕКОЛОГІЯ**

**9 - 11** листопада  
2021 року

- .28 ДОРОШЕНКО Н.І.**  
Тестовий контроль знань з дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» під час карантину в КППК імені Антона Макаренка
- .29 ДОРОШЕНКО Ю.О.**  
Контекстне формування фахово-екологічної компетентності майбутніх архітекторів
- .30 ДОРОШЕНКО Ю.О.**  
Особливості опанування майбутнім архітектором комп'ютерних технологій та інструментальних програмних засобів в сучасних умовах
- .31 ЄМЕЛЬЯНОВА В.О., АВДЕЄВА М.С.**  
Підхід до формування Чорнобильської зони відчуження для створення туристичної інфраструктури
- .32 ЖОВНЕР В.Ю., БАРМАШИНА Л.М.**  
Особливості архітектурно-планувальної організації сучасних центрів творчості в умовах історичної забудови
- .33 ЗАЄЦЬ Д.О., КРИВЦОВА О.А.**  
«Ре.архітектура»
- .34 ЗАЛОГІНА А.С., ВАСИЛЕНКО О.Б.**  
Скляна черепиця як інноваційний енергозберігаючий матеріал в архітектурі
- .35 ЗАПОРОЖЕЦЬ З.А., ДОРОШЕНКО Ю.О.**  
Провідні тенденції використання та особливості створення об'єктів фітодизайну в інтер'єрі громадських будівель
- .36 ЗГАЛАТ-ЛОЗИНСЬКА Н.О., РОЖАК-ЛИТВИНЕНКО К.Б.**  
Напрямки розвитку органічної архітектури в Україні
- .37 ЗГАНІЧ П.В., ГНАТЮК Л.Р.**  
Рациональність використання екостилу у формуванні виставкового простору
- .38 ЗЕМЦОВА П.О., ГНАТЮК Л.Р.**  
Центр продажів
- .39 ІЩУК Ю.Ю., АВДЕЄВА М.С.**  
Застосування альтернативних джерел при формуванні екологічних парків
- .40 КАРПЕНКО Т.В., ДОРОШЕНКО Ю.О.**  
Проблемні аспекти формування поселень на Марсі
- .41 КЕЛЮХ В.Г., ДОРОШЕНКО Ю.О.**  
Тектонічність як інтегративна властивість та ключова характеристична ознака творів архітектурного дизайну
- .42 КЕЛЮХ В.Г., ДОРОШЕНКО Ю.О.**  
Тектоніка архітектурних об'єктів: аналіз, моделювання, синтез. Лексичний аналіз теми магістерського дослідження

9

9 · 11 листопада  
2021 рокуXII Міжнародна науково-практична конференція  
Архітектура та Екологія



- .101 ... **А.С. Залогіна, О.Б. Василенко.** Скляна черепиця як інноваційний енергозберігаючий матеріал в архітектурі
- .103 ... **З.А. Запорожець, Ю.О. Дорошенко.** Провідні тенденції використання та особливості створення об'єктів фітодизайну в інтер'єрі громадських будівель
- .105 ... **Н.О. Згалат-Лозинська, К.С. Рожак-Литвиненко.** Напрямки розвитку органічної архітектури в Україні
- .107 ... **П.В. Зганич, Л.Р. Гнатюк.** Раціональність використання екостилю у формоутворенні виставкового простору
- .110 ... **П.О. Земцова, Л.Р. Гнатюк.** Центр продажів
- .111 ... **Ю.Ю. Іщук, М.С. Авдеева.** Застосування альтернативних джерел при формуванні екологічних парків
- .113 ... **Т.В. Карпенко, Ю.О. Дорошенко.** Перспективне бачення дизайну архітектурного середовища поселень на Марсі
- .115 ... **В.Г. Келюх, Ю.О. Дорошенко.** Тектонічність як інтегративна властивість та ключова характеристична ознака творів архітектурного дизайну
- .116 ... **В.Г. Келюх, Ю.О. Дорошенко.** Тектоніка архітектурних об'єктів: аналіз, моделювання, синтез. Лексичний аналіз теми магістерського дослідження
- .119 ... **В.В. Козюк, О.А. Крижанівський.** Сучасні тенденції формування архітектури університетських бібліотек у світовій і вітчизняній практиці
- .123 ... **Ю.В. Кононюк, С.Г. Буравченко.** Підходи щодо формування мережі об'єктів інфраструктури об'єднаної територіальної громади
- .125 ... **Б.С. Кот, М.С. Авдеева.** Підхід до формування проєктів відновлювальної енергетики на території зони відчуження Чорнобильської АЕС
- .127 ... **І.О. Крепка, О.А. Хлюпін.** Екологічні аспекти струнного транспорту
- .129 ... **О.А. Крижанівський.** Щодо формування компетентності архітектора територіальної громади
- .131 ... **В.Г. Крижановський, М.О. Фіонова.** Громадська архітектура та будівництво культурного призначення через призму соціальної складової сталого розвитку міста
- .133 ... **Н.В. Куліченко.** Тенденції і основні принципи зупинково-територіального девелопменту
- .135 ... **К.В. Летік, Л.Р. Гнатюк.** Зелені зони, як умова комфортного проживання: види, формування, утримання
- .137 ... **А.О. Луценко, Л.Р. Гнатюк.** Озеленення в інтер'єрі закладів освіти як важливий фактор психологічного та фізичного здоров'я дитини
- .140 ... **Е.О. Луцик, Д.О. Заєць.** «Про наш улюблений матеріал та роботу з ним — про сосну» від ІКЕА Україна
- .142 ... **Н.В. Мазурова, І.В. Бірїлло.** Комунікативний простір гіпермаркетів

Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Політ. Сучасні проблеми науки» (Київ, 3-5 травня 2022 року).



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ДИЗАЙНУ



ПОЛІТ 2022

**АРХІТЕКТУРА  
БУДІВНИЦТВО  
ДИЗАЙН  
ПРОГРАМА**



Міжнародна науково-практична конференція  
здобувачів вищої освіти і молодих учених  
2022 **Nonim**  
Сучасні проблеми науки

3-5 ТРАВНЯ 2022 РОКУ

**14. Запорожець З. А., НАУ, Київ**

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ФІТОДИЗАЙНУ  
В ІНТЕР'ЄРАХ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ

*Науковий керівник - Бжезовська Н. В.*

**15. Ллюхіна А. П., НАУ, Київ**

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ БУДИНКІВ ДЛЯ СПЕЦІАЛІСТІВ  
ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД З СІП ПАНЕЛЕЙ

*Науковий керівник – Пивоваров О. Г.*

**16. Іщук Ю. Ю., НАУ, Київ**

АРХІТЕКТУРНО-ХУДОЖНІ ОСОБЛИВОСТІ ПАРКІВ НА ТЕРИТОРІЯХ,  
НАБЛИЖЕНИХ ДО АЕРОПОРТІВ

*Науковий керівник - Авдєєва М. С., к. арх., доц.*

**17. Карпенко Т. В., НАУ, Київ**

ДИЗАЙН АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА ЖИТЛОВОГО  
ПРОСТОРУ ПОСЕЛЕНЬ НА МАРСІ

*Науковий керівник – Дорошенко Ю. О., д. т. н., проф.*

**18. Клименко Б. С., НАУ, Київ**

ТЕХНОЛОГІЯ ШВИДКОГО ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

*Науковий керівник - Гордюк І. В.*

**19. Комада О. В., НАУ, Київ**

МОЖЛИВОСТІ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ  
У НОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

*Науковий керівник – Нецадим В. О.*

**20. Костюченко А. А., НАУ, Київ**

КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ВТРАЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ  
СПОРУД

*Науковий керівник – Нецадим В. О.*

**21. Крепка І. О., НАУ, Київ**

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ПАСАЖИРСЬКИХ  
ХАБІВ В ІНФРАСТРУКТУРІ МІСТА

*Науковий керівник – Дорошенко Ю. О., д. т. н., проф.*



## Додаток Б. Альбом креслень

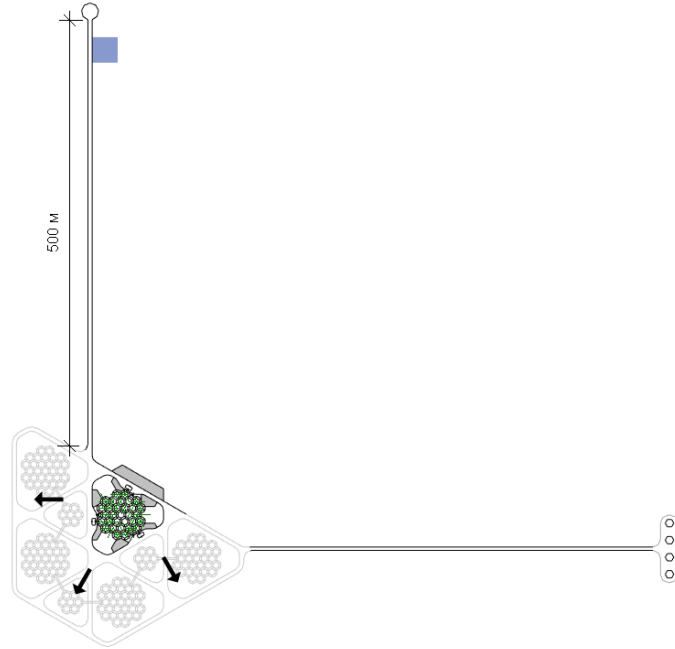


Рис. Б.1. Генплан



Рис. Б.2. План на відмітці 0.000

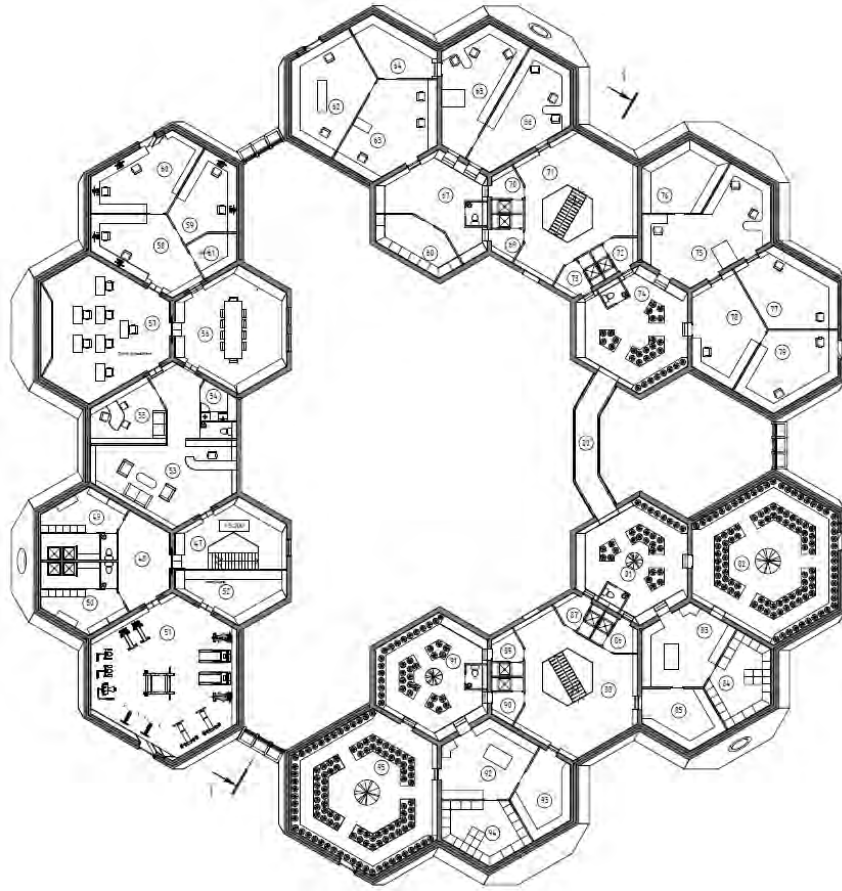


Рис. Б.3. План на відмітці 3.200

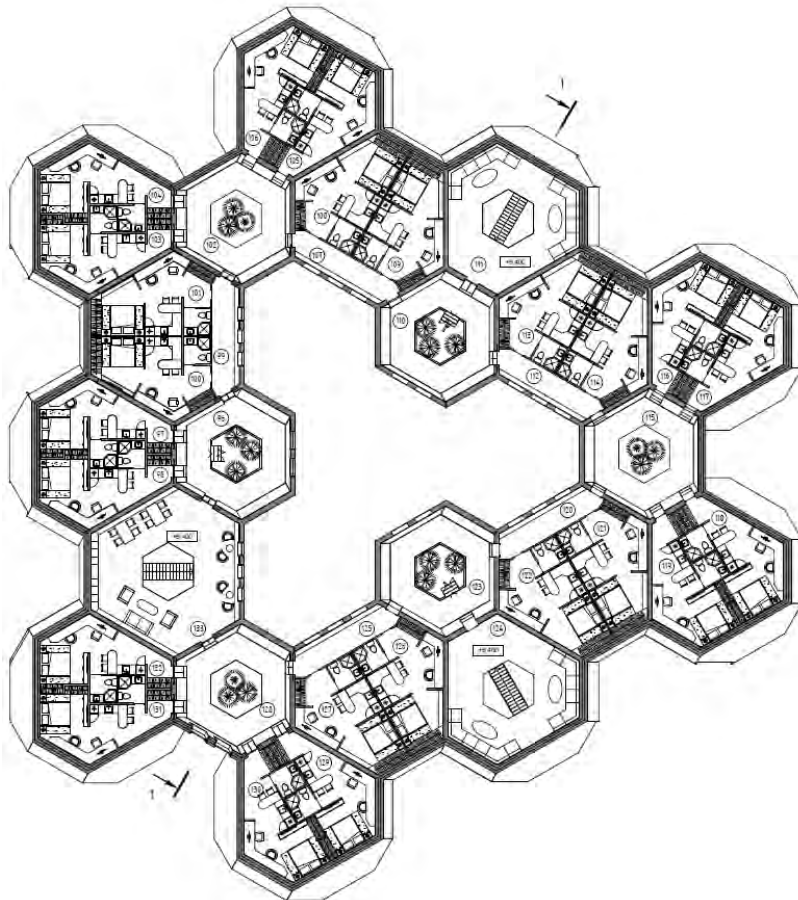


Рис. Б.4. План на відмітці 6.400

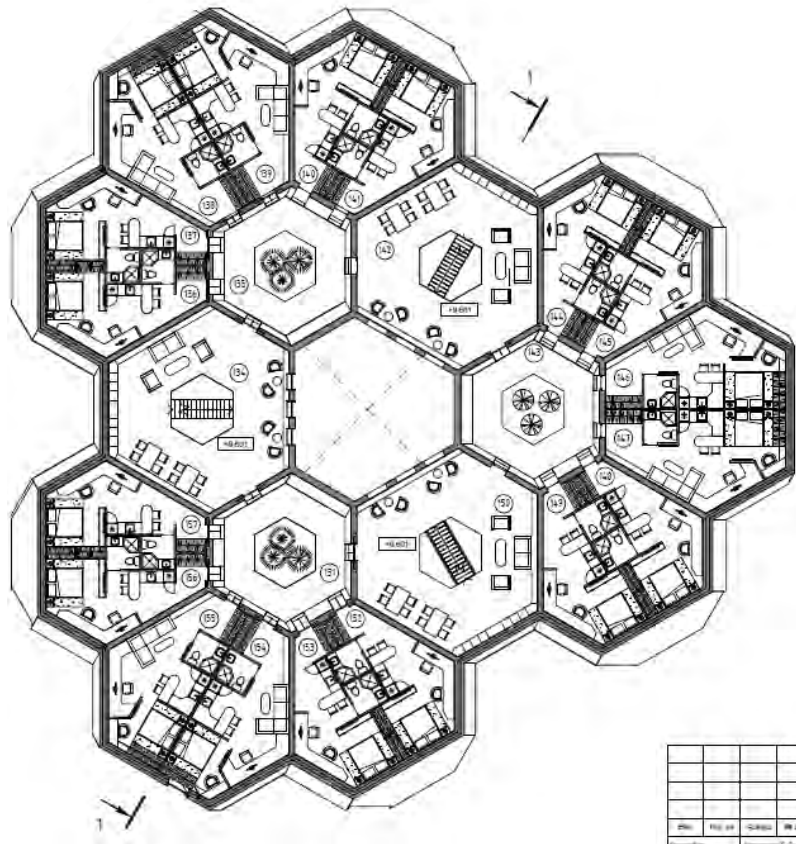


Рис. Б.5. План на відмітці 9.600

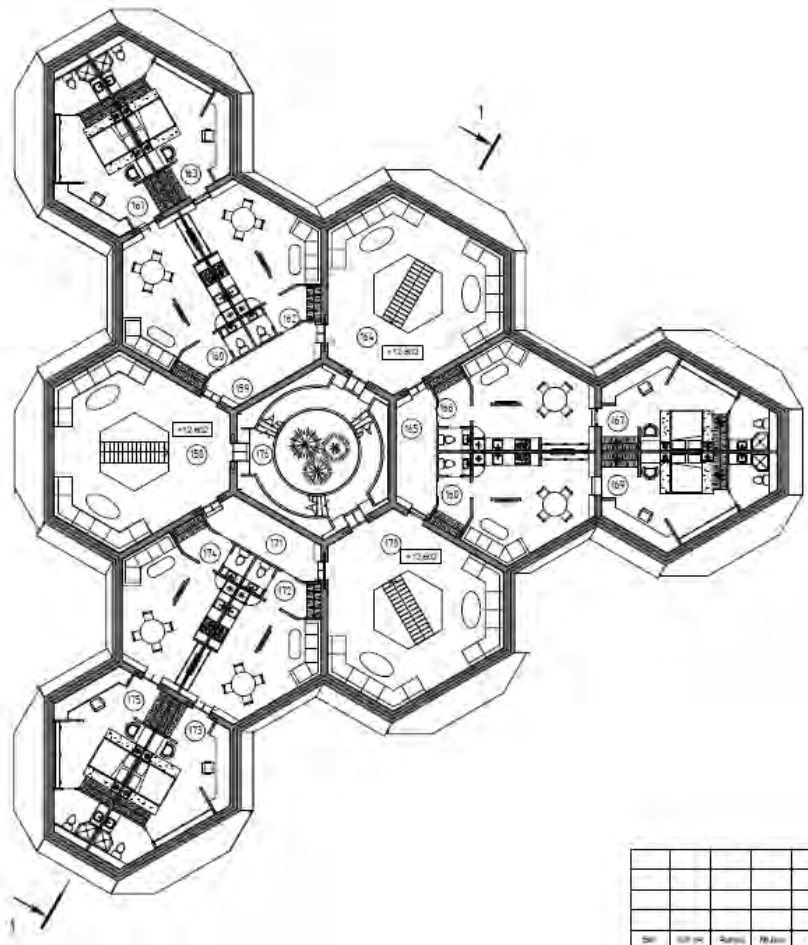


Рис. Б.6. План на відмітці 12.800

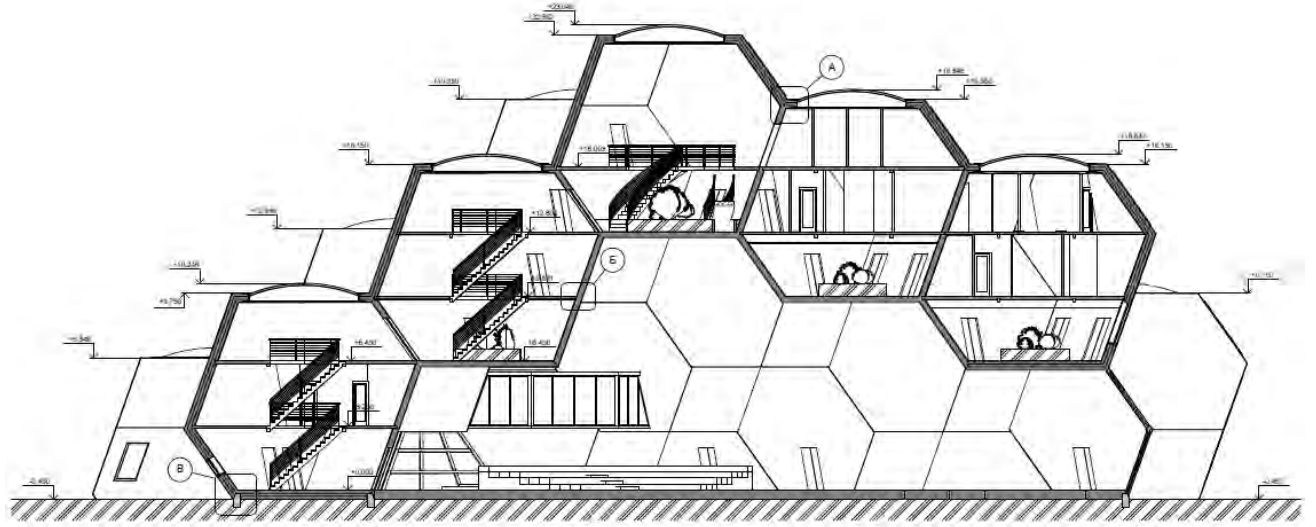


Рис. Б.7. Розріз 1-1.

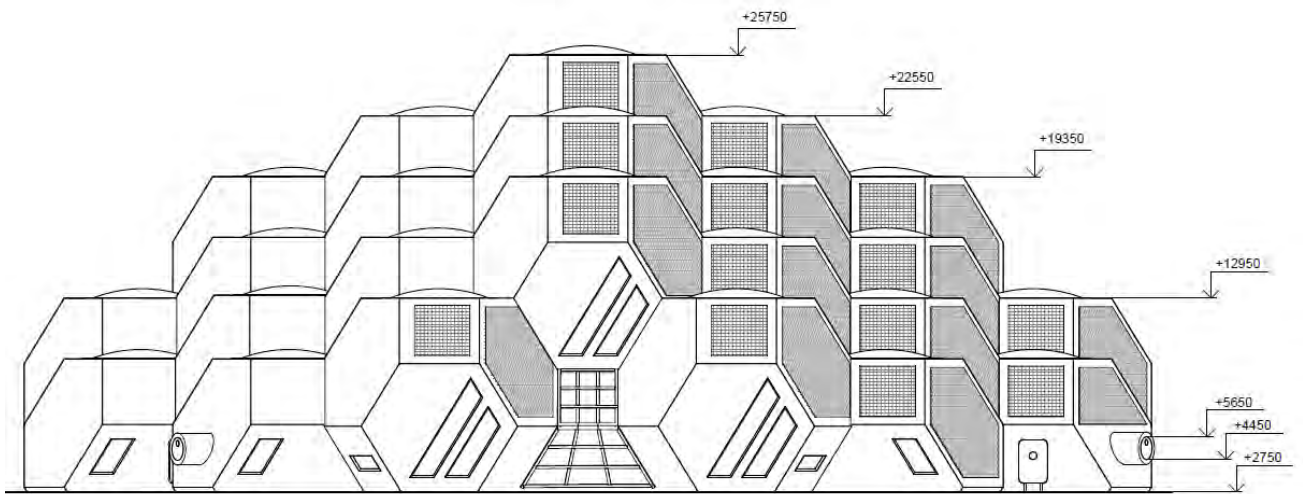


Рис. Б.8. Південний фасад

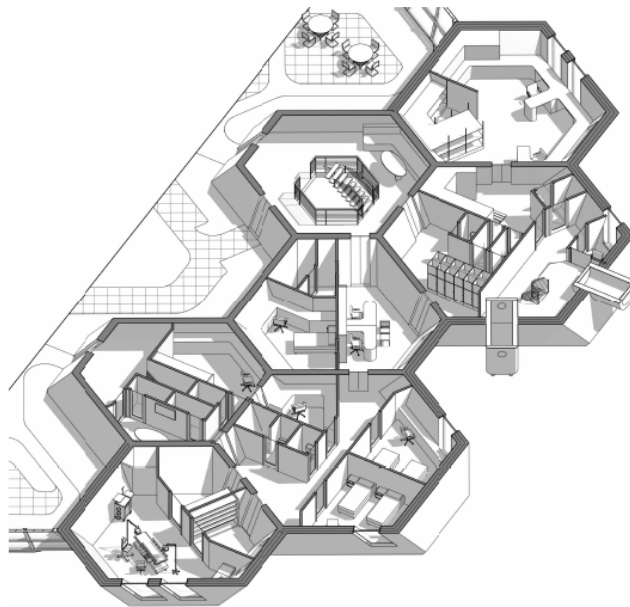


Рис. Б.9. 3D розріз секції №1 плану на відмітці 0.000



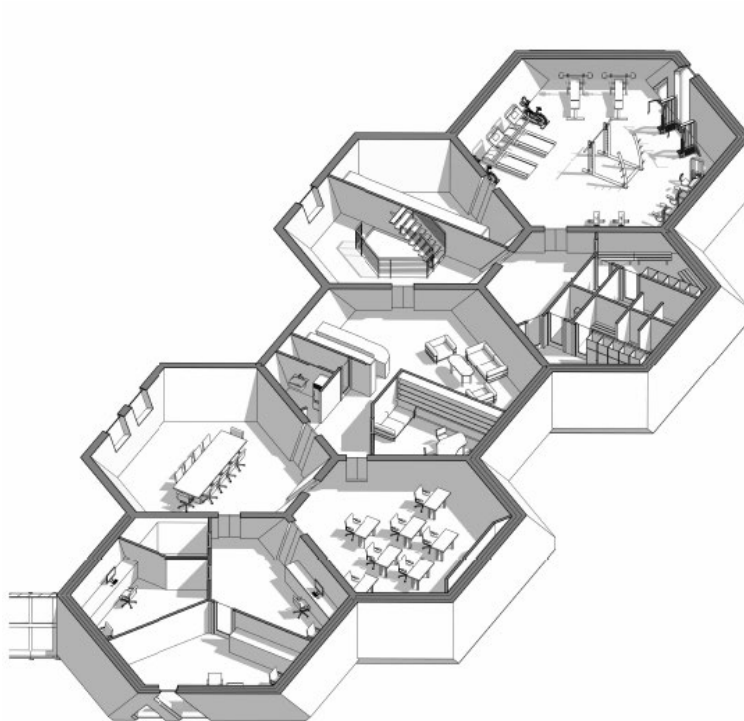


Рис. Б.10. 3D розріз секції №1 плану на відмітці 3.200

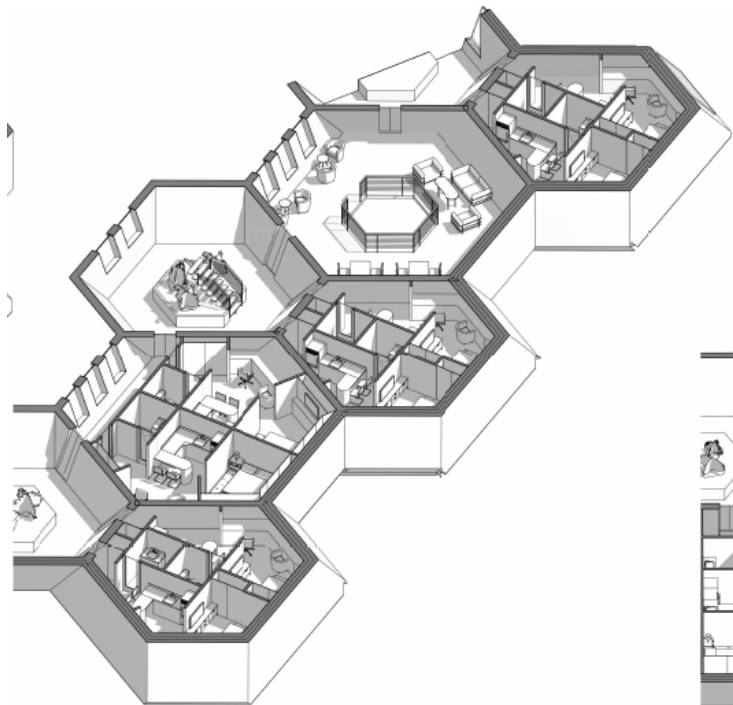


Рис. Б.11. 3D розріз секції №1 плану на відмітці 6.400

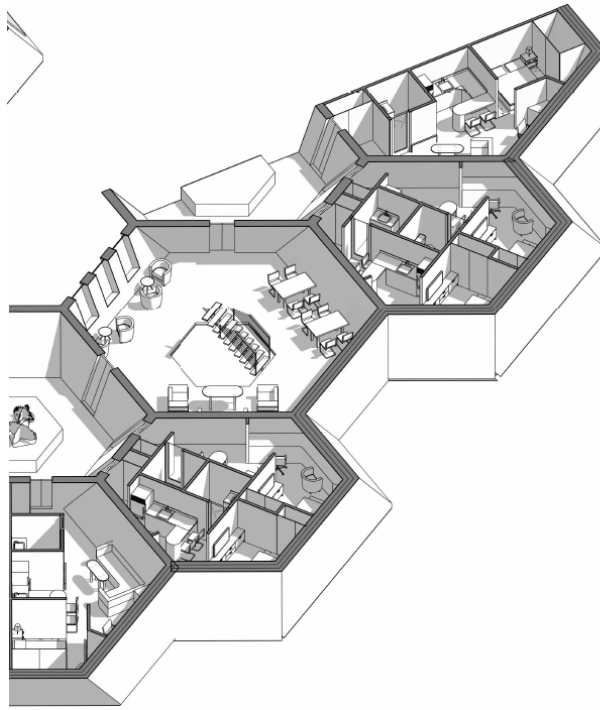


Рис. Б.12. 3D розріз секції №1 плану на відмітці 9.600

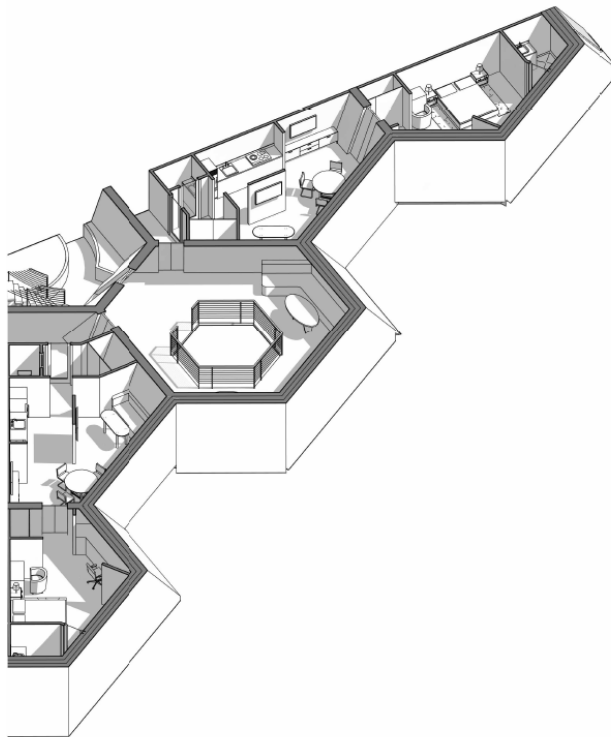


Рис. Б.13. 3D розріз секції №1 плану на відмітці 12.800