

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ
КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Пояснювальна записка

до дипломного проекту бакалавра

на тему:

**«Теплопостачання житлових будинків в екстремальних
умовах»**

Виконав: студент 4 курсу,
групи 401НТ
спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Кузьменко О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кутний Б.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою Голік Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Полтава 2022 року

ЗМІСТ

ВСТУП	2
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАРСІАНСЬКОЇ ПОВЕРХНІ ТА КЛІМАТУ	5
1.1. Клімат	5
1.2. Вода	11
1.3. Ґрунт	15
1.4. Радіація та мінімальна товщина ґрунту	23
РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІСЦЯ БУДІВНИЦТВА	26
2.1. Місце будівництва	26
2.2. Конструктивні особливості будівлі	28
2.3. Розрахунок тепловтрат	32
2.4. Аналіз теплонадходжень	50
ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	54

					401-НТ №ЗК 18191 Дипломна робота			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Теплопостачання житлових будинків в екстремальних умовах.	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Кузьменко О.А.						55
<i>Перевір.</i>		Кутний Б.А.				<i>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»</i>		
<i>Консул.</i>								
<i>Т. Контр.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								

ВСТУП

Однією з основних ознак розвитку сучасного суспільства є зацікавленість в пошуку нових планет для переселення, так як рано чи пізно, наша рідна планета стане не придатна для життя. Найближчим варіантом для нас являється Марс, але ця планета з суворішим кліматом ніж на Землі. Поки що технології не мають достатнього рівня щоб змінити клімат на задовільний для людей, тому потрібно знайти можливості пристосування для життя людей на цій планеті

Тому я хотів б перевірити настільки можливий будинок на Марсі опираючись на концепцію британської інженерної компанії Eckersley O'Callaghan та їх план EOS.[1]



Рис. 1 Вигляд захисного купола на декілька житлових модулів

Побудова якого відбувається за рахунок багато функціональних роботів, які прибудуть на планету на багато раніше за астронафтів та збудують захисний купол

Мета роботи – проаналізувати клімат, ґрунт та атмосферу Марсу для визначення конструкції споруди, обрати місце будівництва дослідити

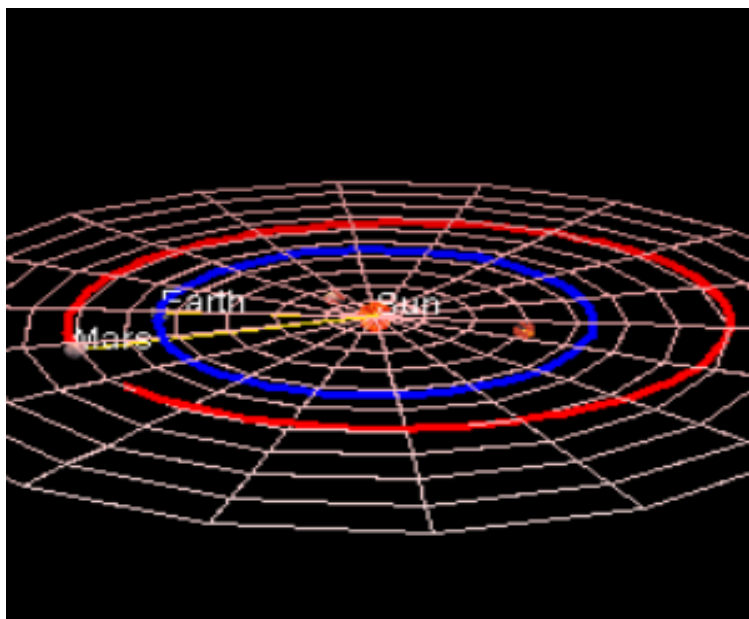
					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливість побудови споруди в умовах агресивного середовища, розрахунок теплонадходжень та тепловтрат через огороджуючу конструкцію

На планеті Марс знаходиться атмосфера, яка, мабуть, найближча за метеорологією та кліматом до земної. Але Марс відрізняється від Землі більшою віддаленістю від Сонця, меншим розміром, відсутністю рідких океанів і більш тонкою атмосферою, що складається переважно з CO_2 . Ці фактори створюють на Марсі зовсім інший клімат, ніж на Землі. До них належать радіаційні та термодинамічні процеси, що визначають температуру поверхні й вертикальну структуру атмосфери, динаміку рідини її атмосферних рухів, а також ключові цикли мінерального пилу й транспорту летких речовин. Останні роботи показали, що марсіанський клімат не є статичним, але майже напевно перебуває в постійному стані реакції на змінну інсоляцію, пов'язану з циклічними змінами його орбіти та обертання.

Розглянемо технічну інформацію, ґрунт та клімат на Марсі.

Радіус планети приблизно 3400 кілометрів. Марс є сьомою за величиною планетою в нашій Сонячній системі і становить приблизно половину діаметра Землі. Гравітація на поверхні становить 38% земної. Тривалість марсіанського дня 24.6 земних годин, який називається сол.



Вісь обертання Марса нахилена на 25,2 градуса відносно площини орбіти планети навколо Сонця, що надає Марсу сезони, подібні до земних. Яка півкуля нахилена ближче до Сонця, вона переживає весну та літо, тоді як півкуля, нахилена вбік, отримує осінь і зиму.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Але з кількох причин пори року на Марсі відрізняються від земних. По-перше, Марс в середньому приблизно на 50 відсотків далі від Сонця, ніж Земля, із середньою орбітальною відстанню 230 мільйонів кілометрів. Це означає, що Марсу потрібно більше часу, щоб здійснити обліт по орбіті, розтягуючи його рік і тривалість сезонів. На Марсі рік триває 670 сол, або 687 земних днів, а окремий сезон може тривати до 194 сол або трохи більше 199 земних днів.

Марс також має досить розріджену атмосферу, яка на 95-96% складається з вуглекислого газу. Все це разом не дає Червоній планеті підтримувати сприятливий для людини клімат – навіть незважаючи на високий вміст CO₂, що обумовлює парниковий ефект, сонячного світла замало для розігріву атмосфери.

Пилові бурі на Марсі є найбільшими в Сонячній системі, здатні покрити всю Червону планету і тривати місяцями. Одна з теорій, чому пилові бурі можуть розростатися на Марсі, полягає в тому, що частинки пилу в повітрі поглинають сонячне світло, нагріваючи марсіанську атмосферу поблизу поверхні. Теплі повітряні потоки потім спрямовуються до більш холодних регіонів, створюючи вітри. Сильні вітри піднімають більше пилу з землі, що, у свою чергу, нагріває атмосферу, піднімаючи більше вітру і піднімаючи більше пилу.[2]

Звичайно, температура на планеті сильно змінюється в залежності від місця розташування, часу доби та сезону. Найвища температура в районі +20°C спостерігається у літній день на екваторі. Але того ж дня вночі термометр може показувати вже -73°C. [3]

					<i>401-НТ.18191 Дипломна робота</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАРСІАНСЬКОЇ ПОВЕРХНІ ТА КЛІМАТУ

1.1. Клімат

З усіх планет Сонячної системи сезони Марса найбільш схожі на Землю через однакові нахили осей обертання двох планет. Довжина марсіанських сезонів приблизно вдвічі перевищує земну, оскільки більша відстань Марса від Сонця призводить до того, що марсіанський рік триває приблизно два земні роки. Температура поверхні Марса коливається від мінімуму близько -143° (у зимових полярних шапках) до максимуму до 35°C (в екваторіальне літо). Широкий діапазон температур пояснюється тонкою атмосферою, яка не може зберігати багато сонячного тепла, низьким атмосферним тиском і низькою тепловою інерцією марсіанського ґрунту. В результаті пори року в південній півкулі більш екстремальні, а пори року в північній м'якші.

[Клімат Марса, 4.5°S, 137.4°E \(2012–2015\)](#)

Показник	Січ.	Лют.	Берз.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Верес.	Жовт.	Лист.	Груд.	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

Источник: [Centro de Astrobiología](#) ^[8], [Погодний твіттер Марсіанської научної лабораторії](#) ^[9]

Таб.1 Температури повітря Марсу за рік

Отже судячи з цієї таблиці найхолодніша середня температура на Марсі -55°C , а найтепліша є -40°C Як і на Землі, на Марсі відбувається зміна пір року через нахил осі обертання до площини орбіти, тому взимку в північній півкулі полярна шапка росте, а в південній майже зникає, а через півроку півкулі міняються місцями. При цьому через досить великий ексцентриситет орбіти планети в перигелії (зимове сонцестояння в північній півкулі) вона отримує до

40% більше сонячного випромінювання, ніж в афелії, і в північній півкулі зима коротка і відносно помірна, а літо довге, але прохолодне, південному ж навпаки - літо коротке та відносно тепле, а зима довга та холодна. У зв'язку з цим південна шапка взимку розростається до половини відстані полюс-екватор, а північна – лише до третини. Коли одному з полюсів настає літо, вуглекислий газ із відповідної полярної шапки випаровується і надходить в атмосферу; вітри переносять його до протилежної шапки, де він знову замерзає. Таким чином відбувається кругообіг вуглекислого газу, який поряд з різними розмірами полярних шапок викликає зміну тиску атмосфери Марса в міру його обігу навколо Сонця. За рахунок того, що взимку до 20-30% всієї атмосфери замерзає в полярній шапці, тиск у відповідній ділянці відповідно падає.[7]

Карта кліматичної зони Марса на основі даних TES

Кліматичні зони на Землі були визначені Володимиром Кеппеном на основі розподілу груп рослинності. Крім того, класифікація клімату заснована на температурі, кількості опадів і поділяється на основі відмінностей у сезонному розподілі температури та опадів; і окрема група існує для позазонального клімату, як-от на великих висотах. На Марсі немає ні рослинності, ні опадів, тому будь-яка класифікація клімату може бути заснована лише на температурі; подальше доопрацювання системи може бути засноване на розподілі пилу, вмісті водяної пари, появі снігу. Карти кліматичних зон не є безперервними, як вихідні набори даних: вони інтерпретуються (узагальнені, спрощені, класифіковані). Таким чином вони полегшують розуміння кліматичної системи, підкреслюючи її важливі характеристики, опускаючи менш важливі.

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Сонячні кліматичні зони. У кліматі Марса і Землі є кілька подібностей. Кліматичні зони, засновані на температурі, в основному визначаються поточним осьовим нахилом і сонячною радіацією, тому найпростіша карта кліматичних поясів показує сонячні кліматичні зони, які не враховують топографію, альбедо або атмосферу. Межі полярних зон визначають полярні та полярні кола ($64,9^\circ$), перехідні зони далі тропіком Риб (відповідає тропіку Рака) на півночі та тропіком Діви (відповідає тропіку Козерога) на півдні ($25,1^\circ$). Екваторіальний пояс знаходиться між тропіками.

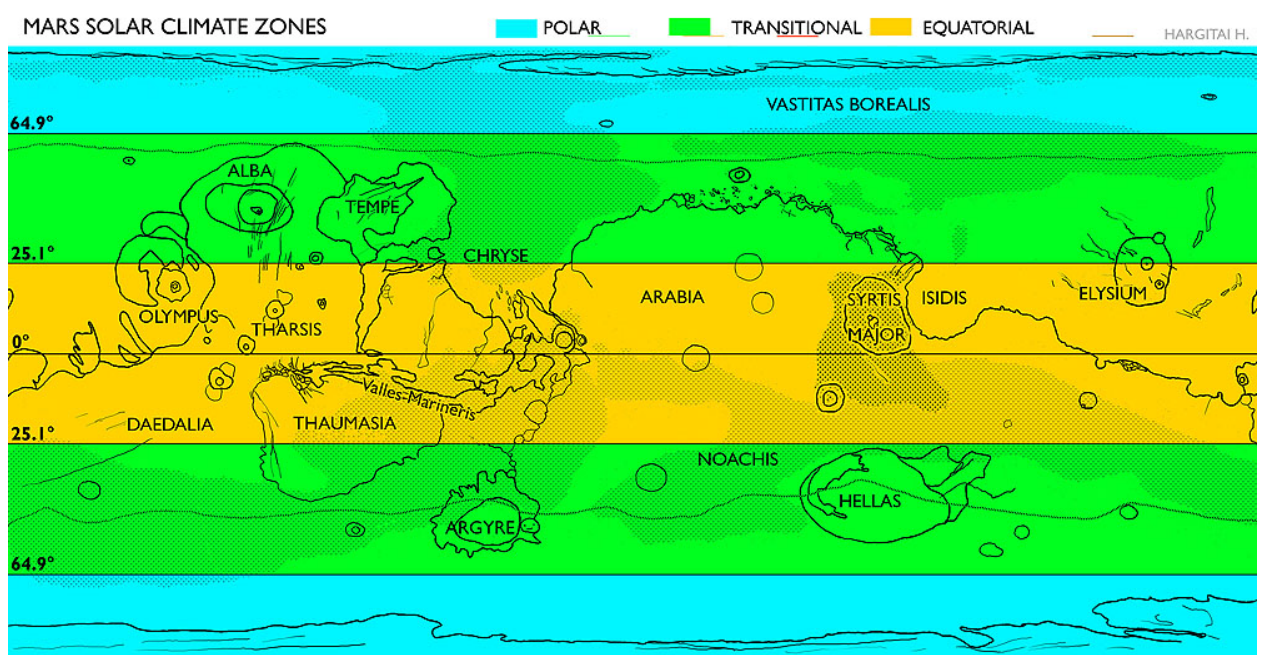


Рис. 2. Сонячні кліматичні пояси Марса.

Пояснення базової карти: пунктирна лінія показує сезонну максимальну ступінь заморозків; суцільні лінії показують приблизні межі географічних об'єктів (вони не є автоматично створеними контурними лініями), пунктирні області показують поточну приблизну протяжність темного піщаного покриву (низьке альбедо) із зображень MGS. Лінійні об'єкти – це ямки або долини; і топографічні (не постійні) межі полярної шапки.

Зони сонячного клімату переміщуються на північ/південь у міру розвитку сезонів та теплового екватора. Сезонні відмінності Північ-Південь, викликані ексцентриситетом орбіти, роблять літо та зиму різними в двох півкулях, тому кліматичні пояси двох півкуль не є еквівалентними: південна півкуля є більш екстремальною, сублимує більше CO₂ протягом літа та створює більший тиск, тому призводить до більш сильного вітру більше пилових бурь. Однак південна зима холодніша через більшу віддаленість від Сонця (рис. 3, 4, 5). Асиметрія в південній полярній зоні пов'язана з асиметричною формою південної постійної крижаної шапки.

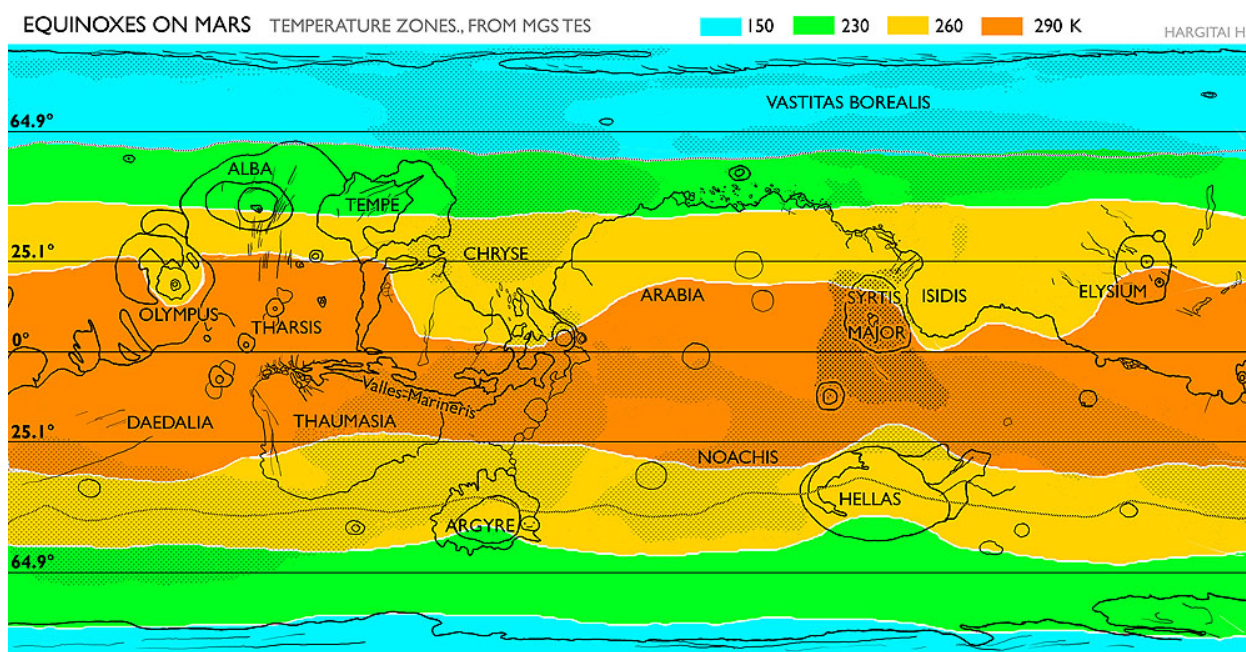


Рис. 3. Зони температурних зон весняного та осіннього рівнодення ($L_s=0, 180$), модифіковані альбедо та топографією (Значення температури відповідають денним максимумам).

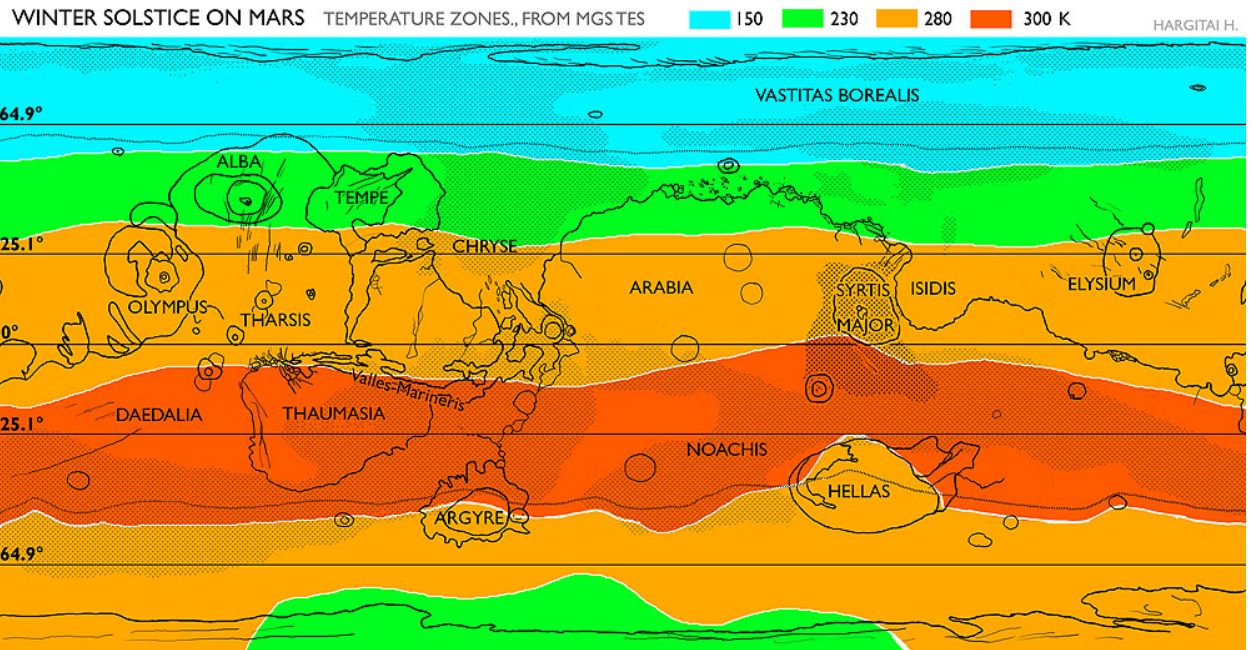


Рис. 4. Характеристики температурних зон Північного зимового сонцестояння ($L_s=270$), модифіковані альбедо, топографією та фактичною радіацією.

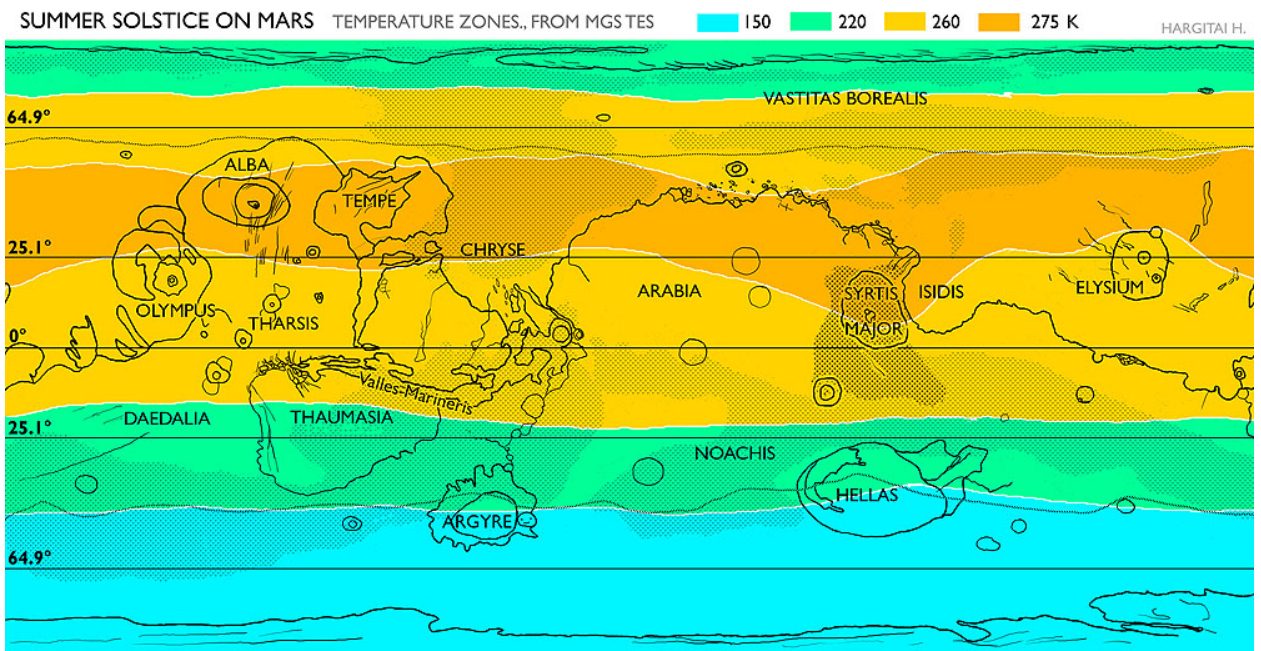


Рис. 5. Характеристики температурних зон Північного зимового сонцестояння ($L_s=360$), модифіковані альбедо, топографією та фактичною радіацією.

Фактична кліматична картина набагато менш складна, ніж на Землі, оскільки глобальна циркуляція (дві клітини Хедлі навесні/восени, одна

влітку/взимку [4,5]) є простішою, тут немає океанів та океанічних течій тощо. Сонячні кліматичні зони змінюються за рельєфом, альбедо та наявністю сезонного або постійного льоду, вітром і топографічною різноманітністю. Поверхневі явища, такі як сліди пилу диявола, хвилі вітру кратерів, є індикаторами напрямків вітру. Поверхні з низьким альбедо, покриті темнішими піщинками, мають вищу теплову інерцію, ніж більш світлі ділянки. Топографічні низовини (улоговини) і верховини (гори) мають кліматичний пояс, обумовлений рельєфом (рис. 5.). Для низинного клімату характерні часті тумани, що мають більш яскраве середнє альбедо.

Кліматичні пояси Марса. Наша карта кліматичних зон використовує дані про температуру, альбедо та топографічні дані в поєднанні з даними про протяжність постійних крижаних шапок та максимальну сезонну протяжність морозного покриву.

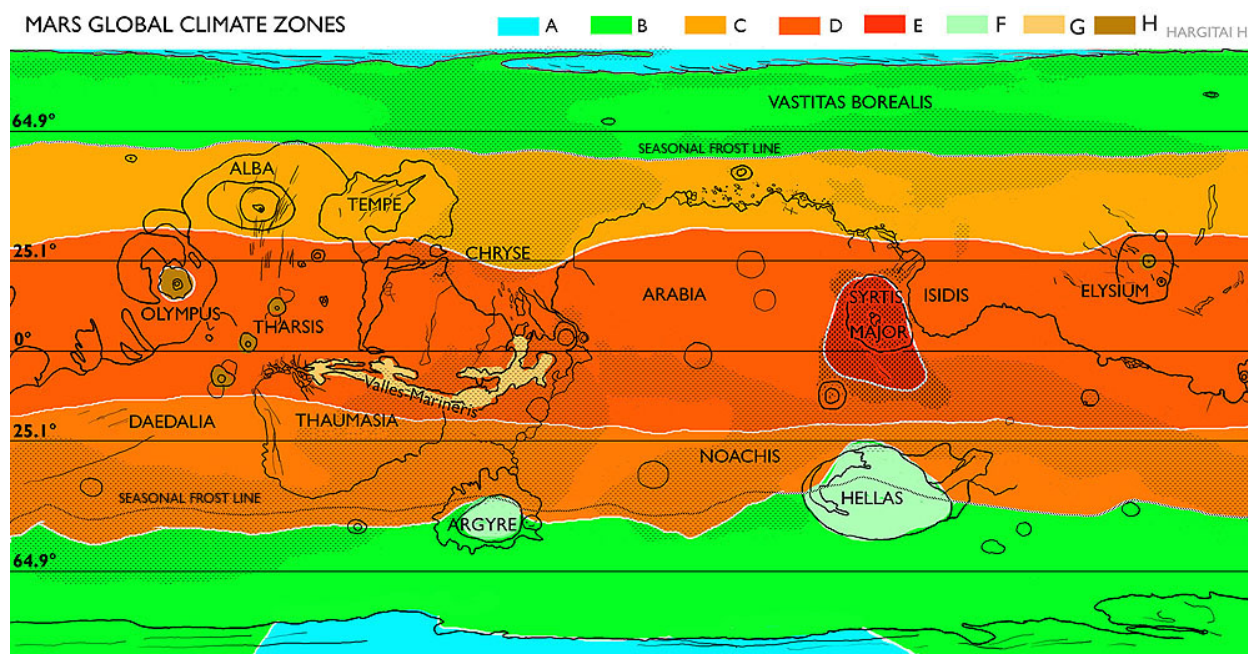


Рис. 6. Глобальні кліматичні зони Марса на основі температури, змінених топографією, альбедо, фактичною сонячною радіацією. А=льодовиковий (постійна крижана шапка); В=Полярна (вкрита інієм взимку, який

сублимується влітку); С=північ (м'який) перехідний (Ca) і С південний (крайній) перехідний (Cb); D = тропічний; E= Тропічний низький альbedo; F= Приполярна низовина (басейни); G=Тропічна низовина (Часмата); H=Субтропічне нагір'я (гірський масив).

Температурні профілі окремих кліматичних зон можуть бути представлені реальними кліматичними діаграмами .

Кліматичні зони та особливості поверхні. Кліматичні зони відображаються поточними поверхневими процесами та особливостями. Проте видимі об'єкти поверхні, такі як долини, можуть відображати палеокліматичні зони різного віку відображення змін осі обертання та вмісту пилу в атмосфері для об'єктів віком кілька мільйонів років. Майбутня робота полягає в об'єднанні зон, визначених розподілом конкретних типів рельєфу; температура і запиленість, напрямки вітру, внутрішньократерний лід/мороз і снігопад , що формує складнішу систему класифікації кліматичних зон Марса; в рамках діяльності Комісії планетарної картографії МКА.[4]

Ця інформація про карти кліматичної зони Марса на основі даних TES взята з сайту <http://planetologia.elte.hu/mcdd/climatemaps.html>

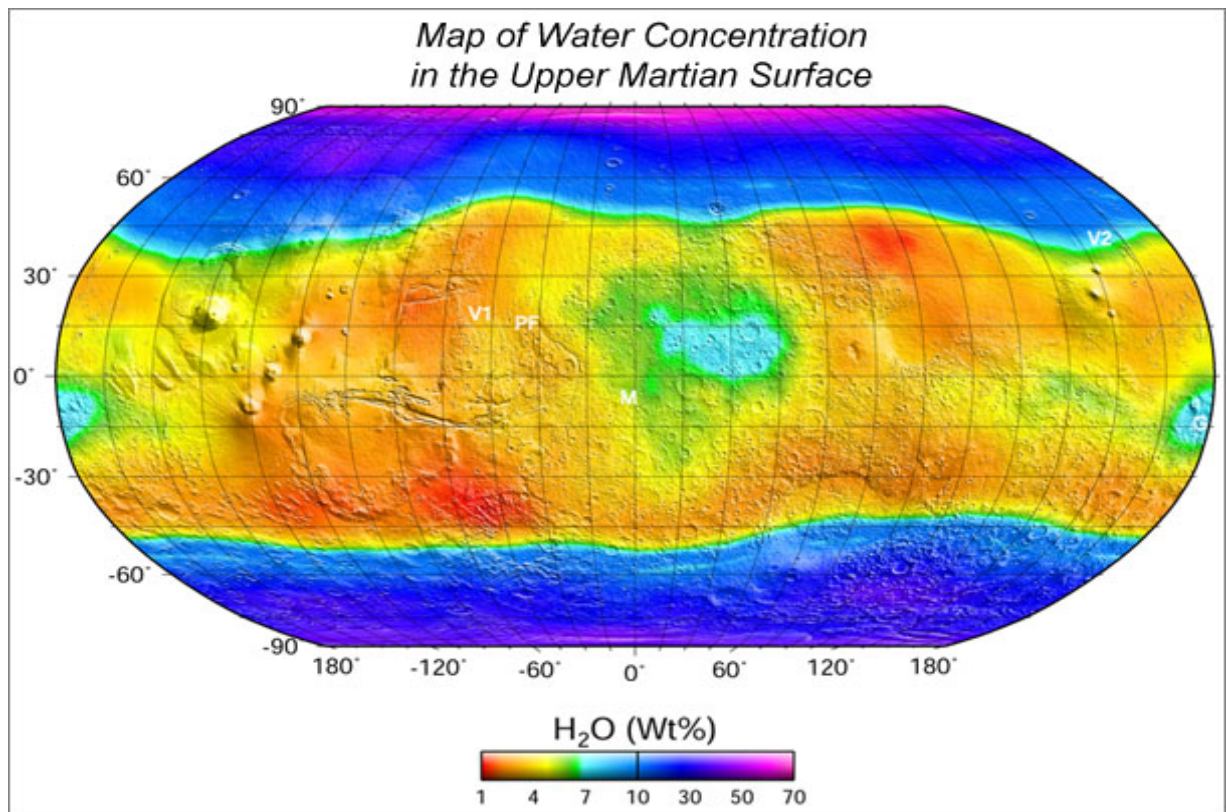
1.2. Вода

Вода в чистому вигляді не може існувати на поверхні Марса в рідкому стані і навіть при температурі вище 0°C внаслідок низького тиску сублимується, тобто переходить із твердого стану безпосередньо до газоподібного. А рідина, виявлена на Марсі, є концентрованим сольовим розчином, так що високий

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

вміст перхлоратів у ґрунті ставить під сумнів можливість вирощування в марсіанському ґрунті земних рослин без додаткових експериментів або без штучного ґрунту. Марс має численні канали і річкові долини, які показують, що рідка вода була на його поверхню і текла по всій її поверхні. На додаток до переконливих фотогеологічних доказів водних процесів, верхній метр поверхні містить від 2 до 7 мас.% води в широкій екваторіальній зоні і до 70 мас.% в полярних областях. Насправді в деяких місцях відкрито чистий лід. Ці великі об'єми води вступили в реакцію з первинними магматичними мінералами, щоб утворити набір глинистих мінералів, які були ідентифіковані спектрометрами відбиття на орбіті Марса і знайдені всередині марсіанських метеоритів. Більшість цього зрошення по всій планеті відбувалося протягом першого мільярда років або близько того в історії планети.

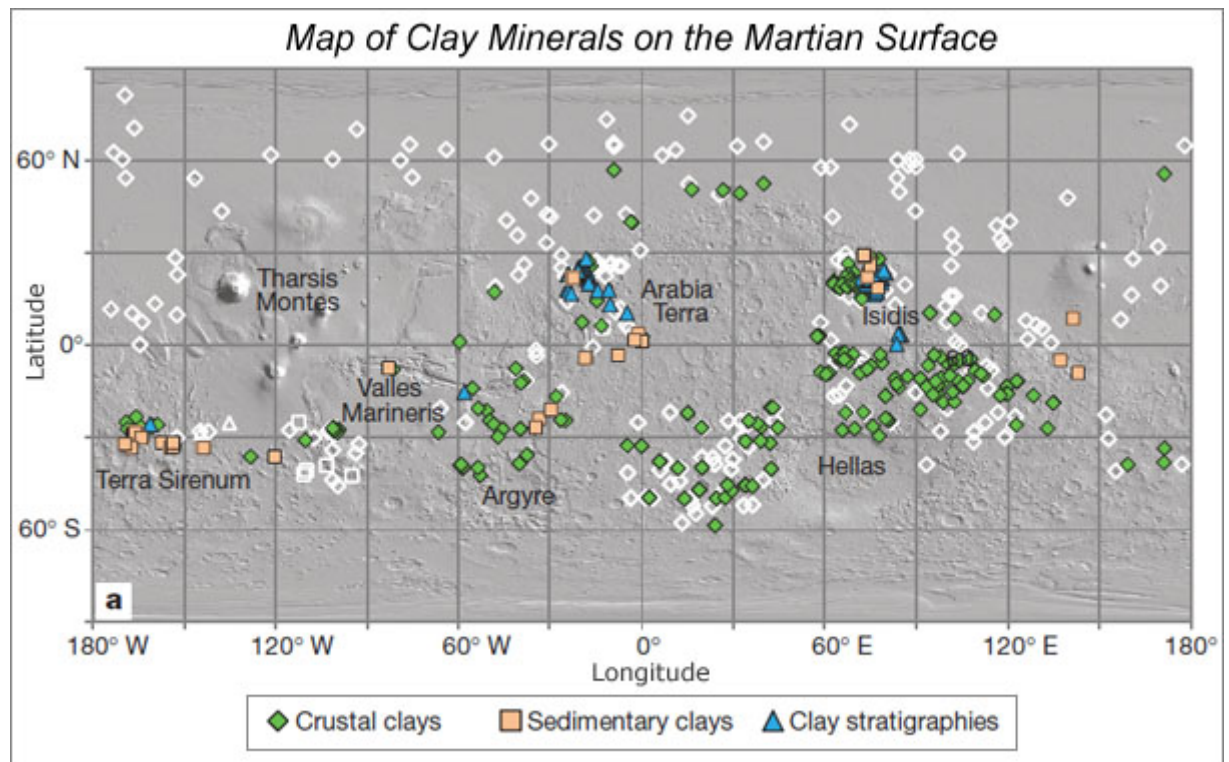
					<i>401-НТ.18191 Дипломна робота</i>	Арк.
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



(From Boynton, et al., 2008, in *The Martian Surface: Composition, Mineralogy, and Physical Properties*,
(J. F. Bell, ed.), p. 105-124, Cambridge University Press.)

Рис.7. Карта концентрації H₂O у верхніх кількох десятках сантиметрів поверхні Марса, виміряна з орбіти гамма-спектрометром Mars Odyssey (GRS). Екваторіальний Марс (близько 45 градусів на північ і південь) містить від 2 до 7 мас.% H₂O, а полярні області містять набагато більше. GRS фактично виміряв водень (H), але ці концентрації були перетворені в H₂O. Насправді велика частина води може бути у формі OH, зв'язаної в мінералах.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



(From Ehlmann, *et al.*, 2011, *Nature*, v. 479, p. 53-60.)

Рис.8. Карта, що показує місця на Марсі, де спеціалісти з дистанційного зондування використовували дані у видимому інфрачервоному діапазоні від приладу Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars (CRISM) на Mars Reconnaissance Orbiter для дослідження невеликих регіонів у пошуках глинистих мінералів.

Такі мінерали утворюються при взаємодії води з безводними магматичними мінералами. Базовою картою є затінена карта рельєфу. Глиняні мінерали були виявлені в багатьох місцях, а символи позначено кольорами відповідно до геологічних умов. Важливим моментом є те, що спостереження показують, що на поверхні широко поширені водоносні глинисті мінерали. Відкриті символи позначають місця, де не було знайдено глини.

Докази явно переважні, що марсіанська поверхня містить воду, а глинисті мінерали, ймовірно, зустрічаються по всій 50-кілометровій корі. Вода, швидше за все, надходила з глибини, доставлена магмою, але

незрозуміло, скільки води залишилося всередині Марса, скільки там було спочатку і як вона туди потрапила. Вода могла бути доставлена на Марс, оскільки він зростав за рахунок нарощування планетезималей, або вона могла бути додана після того, як планета була в основному побудована. Маккаббін і його колеги вивчали марсіанські метеорити, щоб пролити світло на ці питання.[5]

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 «Спірит» та «Опортьюніті» свідчать про наявність води в минулому. 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 та вода руйнували їх близько 3,5 млрд років тому. Приблизно такий же вік мають багато промоїнів.

На початок 2020-х років. є ряд свідочств присутності води в замерзлому вигляді. Однак єдиним місцем, де може існувати рідка вода, є гіпотетичне озеро під Південним плато, інші припущення не знайшли підтвердження[6]

1.3. Ґрунт

Марсіанський ґрунт є реголітом, виявленим на поверхні Марса. Його властивості можуть значно відрізнятися від властивостей земного ґрунту, включаючи його токсичність через присутність перхлоратів. Термін

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

«марсіанський ґрунт» зазвичай відноситься до дрібнішої фракції реґоліту. На Землю не було повернено жодних зразків, що є метою місії з повернення зразків на Марс, але ґрунт був вивчений дистанційно з використанням марсоходів та марсіанських орбітальних апаратів.[7]

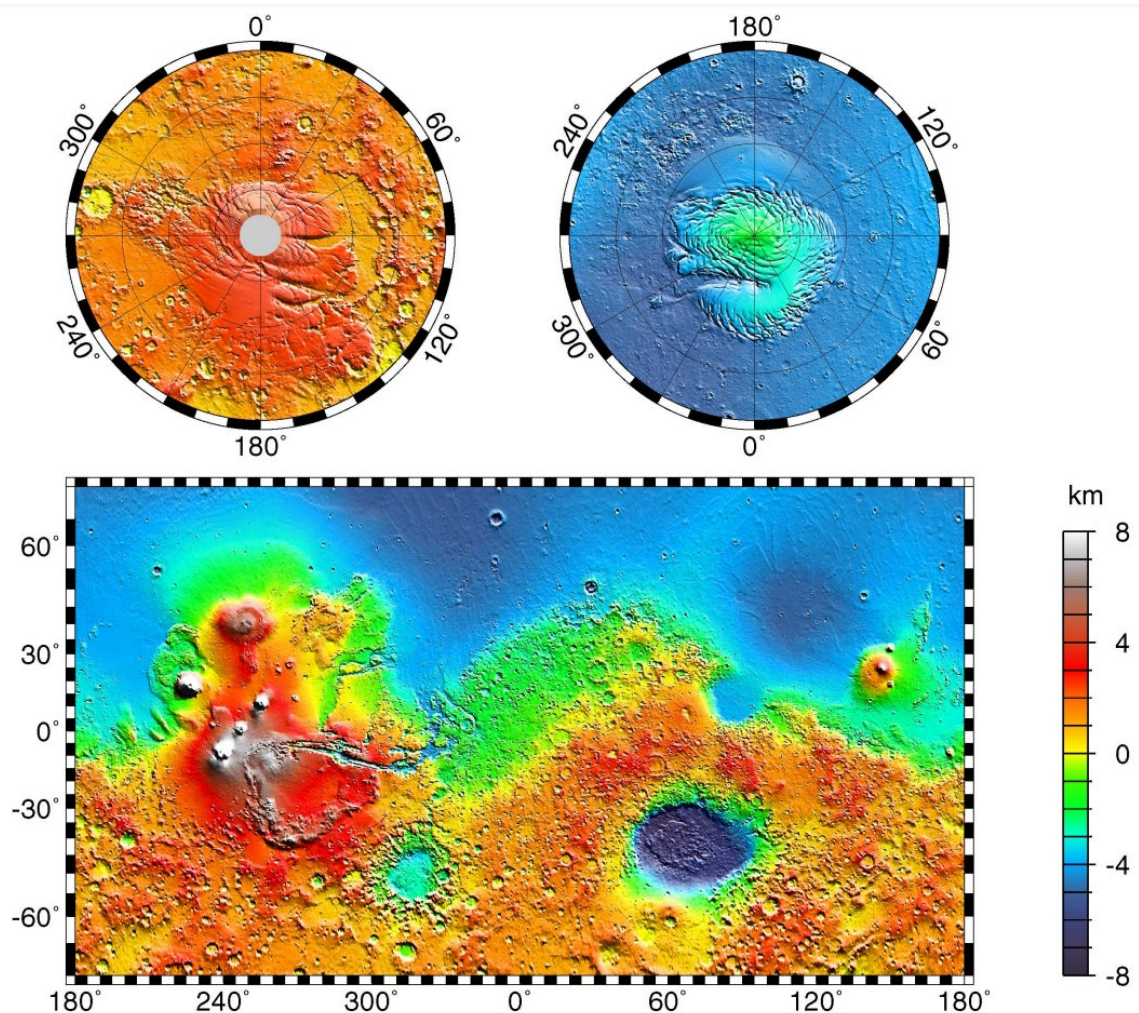


Рис. 9. Карта рельєфу Марсу із показаними висотами та низинами

Відповідно до результатів дослідження марсіанського ґрунту посадочними апаратами переважаючою фракцією є дрібні піщані та пилові частки, тоді як матеріал несдуваного ґрунту з кіркою і комковатого ґрунту (cloddy to crusty material), а також кам'янистого ґрунту (blocky material) має розмір зерен від 0.1 мкм до 1.5 мм

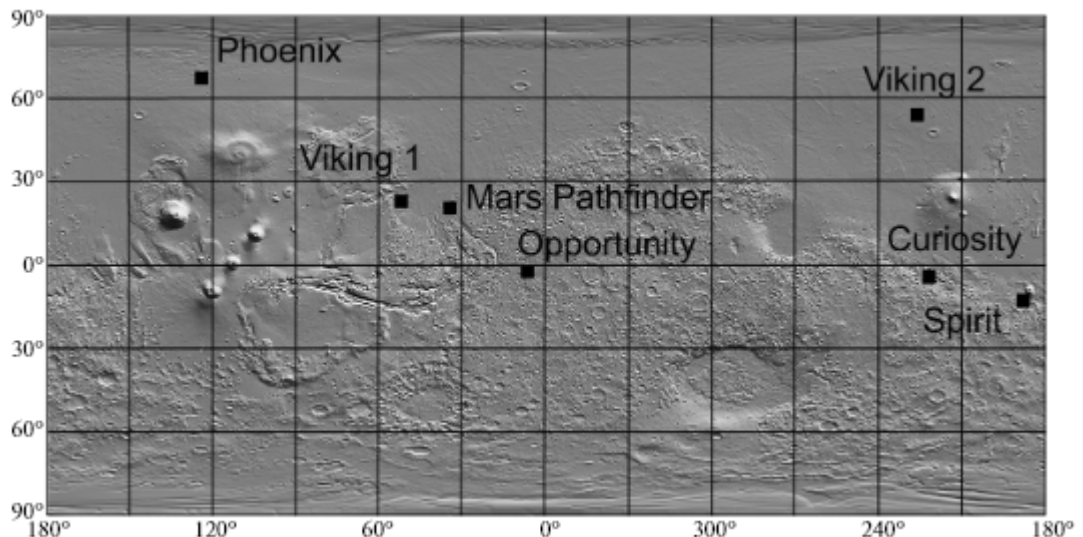


Рис. 10. Карта рельєфу Марса за даними лазерного альтиметра MOLA із зазначенням місць посадок космічних апаратів.

У місці посадки Phoenix реголіт складений агломератами, що складаються з частинок з розмірами менше 100-200 мкм.

Щільність (густина) (ρ). Згідно з радарними даними, щільність реголіту ρ оцінюється в 1.2–1.5 г/см³, що узгоджується з даними, отриманими в місці посадки апарату Pathfinder – середнє 1.520 г/см³ та даними, отриманими в районі садки апарату Viking-1 – 1.2–1.6 г/см³ та Viking 2 – 1.4 г/см³. У роботі узагальнюються дані про щільність різних типів ґрунту, отримані в місцях посадки апаратів Viking, Pathfinder і MER: матеріал еолових наносів 1.0–1.3 г/см³, ґрунт із кіркою та комковатий ґрунт 1.1–1.6 г/см³, кам'янистий ґрунт 1.2–2.0 г/см³, пісок 1.1–1.3 г/см³.

Пористість ґрунту може бути обчислена, виходячи з наведених вище значень щільності ґрунту ρ і щільностей мінеральної компоненти ρ_m [Трофімов, 2005, стор. 265]: $n = (\rho_m - \rho) / \rho_m$. Марсіанський реголіт приблизно

на три чверті складний продуктами фізичного вивітрювання породи базальтів і на одну чверть продуктами їх хімічного вивітрювання і солями, осадженими з водного середовища. Відповідно, серед мінералів, що складають частинки ґрунту, превалюють плагіоклаз $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, піроксену $(\text{Ca,Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ і олівін $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ з домішкою аморфних фаз, що складаються з наближенням до глини. Питома вага цих мінералів (ρ_m) знаходиться в межах 2.5–2.7 г/см³ (плагіоклази), 3.1–3.5 г/см³ (піроксен та олівін) та 2.2–2.8 г/см³ (філосилікати). Звідси, для ґрунтів із значенням щільності (ρ) 1–2 г/см³ пористість повинна становити 35–65%.

Вимірювання теплофізичних параметрів реголіту і його земних аналогів показує, що для реголіту і матеріалів які його моделюють, близькі величини теплоємності і різні величини теплопровідності. Ця різниця, найбільш ймовірно, обумовлена як недостатньо суворим відтворенням гранулометричних характеристик, а отже, і характеристик щільності, так і, що найважливіше, невизначеністю умов дегазації. У той же час величини коефіцієнта теплопровідності щільного силікатного скелету реголіту збігаються з величинами коефіцієнта теплопровідності аналогічних земних гірських порід, варіюючи в інтервалі $5 \div 10 \cdot 10^{-3}$ кал/(см.сек.град.).

Коефіцієнт теплопровідності Вт/(м·К) характеризує породу щодо її здатності переносити теплову енергію Приладом ТЕСР у місці посадки апарату Phoenix для сухого ґрунту було отримано значення теплопровідності порядку 0.1–0.12 Вт/(м·К), що дещо нижче за теплопровідність земних

					<i>401-НТ.18191 Дипломна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

аналогів. На думку розробників приладу ТЕСР, такі значення узгоджуються з сухим марсіанським ґрунтом в умовах низького атмосферного тиску. В.І. Мороз у книзі "Фізика планети Марс", виходячи зі значення теплової інерції $I = 0.006 \text{ кал см}^{-2} \text{ с}^{-1/2} \text{ град}^{-1}$ і щільності ґрунту $\rho = 1.2 \text{ г/см}^3$, отримав значення теплопровідності $0.07 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Для земних дисперсних сухих порід показано, що коефіцієнт теплопровідності практично не залежить від температури. Даних по теплопровідності газів за низьких негативних температур дуже мало. У першому наближенні теплопровідність марсіанського реголіту можна апроксимувати теплопровідністю земних повітряносухих пісків $\lambda = 0.3 \div 0.35 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ та повітряносухих лесоподібних суглинків $\lambda = 0.19 \div 0.22 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [Ершов, 2].

Теплоємність (С). Під теплоємністю ґрунту розуміється кількість тепла, яке необхідно повідомити одиниці маси або об'єму породи, щоб змінити її температуру на 1°C . При цьому розділяють питому теплоємність, одиницею вимірювання якої є Дж/(г К) , і об'ємну теплоємність, що вимірюється в $\text{Дж/(м}^3 \text{ К)}$, що за даними авторів експерименту означає наявність сильно розуцільненого ґрунту [Douglas та ін., 2010]. Як опорні дані по теплоємності можна використовувати характеристики земних дисперсних порід аналогів. На відміну від Землі, на Марсі порові гази представлені CO_2 , але так як вагова частка газу в породі становить частки відсотка, при обчисленні теплоємності впливом газу можна знехтувати. Теплоємність сухих пісків, супісків та

					<i>401-НТ.18191 Дипломна робота</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

суглиноків змінюється приблизно від $0.6 \div 0.8$ – кДж/(кг·К) за температури 300 К до $0.4 \div 0.5$ кДж/(кг·К) за 150 К [8]

Теплопровідність марсіанської атмосфери при 223 К дорівнює 0.009 Вт/м·К

$T(K)$	η	σ	λ'	λ	λ_h	λ_e	λ_{int}	λ_r
50.00	3.273(-06)	0.000(+00)	2.356(-03)	2.356(-03)	2.356(-03)	0.000(+00)	7.907(-04)	0.000(+00)
100.00	5.920(-06)	0.000(+00)	4.262(-03)	4.262(-03)	4.262(-03)	0.000(+00)	1.477(-03)	0.000(+00)
150.00	8.491(-06)	0.000(+00)	6.113(-03)	6.113(-03)	6.113(-03)	0.000(+00)	2.402(-03)	0.000(+00)
200.00	1.106(-05)	0.000(+00)	7.961(-03)	7.961(-03)	7.961(-03)	0.000(+00)	3.834(-03)	0.000(+00)
298.15	1.612(-05)	0.000(+00)	1.160(-02)	1.160(-02)	1.160(-02)	0.000(+00)	7.852(-03)	0.000(+00)
300.00	1.622(-05)	0.000(+00)	1.167(-02)	1.167(-02)	1.167(-02)	0.000(+00)	7.939(-03)	0.000(+00)
400.00	2.130(-05)	0.000(+00)	1.532(-02)	1.532(-02)	1.532(-02)	0.000(+00)	1.295(-02)	5.130(-13)
500.00	2.619(-05)	0.000(+00)	1.884(-02)	1.884(-02)	1.884(-02)	0.000(+00)	1.838(-02)	1.381(-10)
600.00	3.081(-05)	4.583(-39)	2.216(-02)	2.216(-02)	2.216(-02)	0.000(+00)	2.398(-02)	2.606(-09)
700.00	3.514(-05)	1.389(-32)	2.528(-02)	2.528(-02)	2.528(-02)	0.000(+00)	2.959(-02)	2.679(-08)
800.00	3.918(-05)	8.632(-28)	2.820(-02)	2.819(-02)	2.819(-02)	0.000(+00)	3.509(-02)	1.544(-07)
900.00	4.296(-05)	4.507(-24)	3.093(-02)	3.093(-02)	3.093(-02)	0.000(+00)	4.041(-02)	5.945(-07)
1000.00	4.652(-05)	3.895(-21)	3.350(-02)	3.349(-02)	3.349(-02)	0.000(+00)	4.552(-02)	1.736(-06)
2000.00	7.455(-05)	1.247(-07)	5.415(-02)	5.413(-02)	5.413(-02)	0.000(+00)	8.599(-02)	6.461(-02)
3000.00	9.672(-05)	5.997(-03)	8.908(-02)	8.891(-02)	8.891(-02)	2.086(-07)	9.461(-02)	9.205(-01)

Таб. 2 Теплопровідність марсіанської атмосфери

Транспортні коефіцієнти (в'язкість (кг/(м с)), електропровідність (С/м), внески в теплопровідність (Вт/(м К))) рівноважної атмосфери Марса 53 видів[9]

Опис симуляторів Марсіанського реголіту

Mojave Mars Simulant був розроблений в 2007 році вченими NASA і JPL, які працюють над місією Марс Фенікс. Він все ще використовується сьогодні для розробки майбутніх місій, підтримки роботи марсоходів і проведення планетарних наукових досліджень.

MMS-1: Mojave Mars Simulant 1 (MMS-1) заснований на оригінальному дослідженні, проведеному NASA/JPL у 2007 році на підтримку місії Марс Фенікс. Наш симулятор MMS-1 складається з сідлбекового базальту з тих же джерел, що використовуються в JPL. Цілі породи, подрібнені до агрегування, потім просіюються за розміром зерна, упаковуються під

вакуумом і маркуються для відправлення для ваших цінних досліджень і проектів.

MMS-2: Enhanced Mojave Mars Simulant 2 (MMS-2) – це хімічно збагачена суміш симулятора реголіту Марса. На основі MMS-1 ми потім додаємо оксид заліза III, діоксид кремнію, оксид магнію та оксид кальцію. Додавання цих сполук змінює співвідношення оксид алюмінію: оксид заліза. Це співвідношення є критичним – на Землі домінують оксиди алюмінію, а на Марсі – оксиди заліза. Змінюючи співвідношення Al:Fe, ми можемо наблизити MMS-2 до хімічного складу Марса, ніж будь-який інший марсіанський симулятор.[10]

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

<i>Діаметр зерна реголіту</i>		
Оцінка	Міліметр	Мікрон
Несортований	<3,17	<3170
Жорсткий	1,27-3,17	1270-3170
Гладкий	0,50-1,27	500-1270
Дуже гладкий	<0,50	<500

Таб. 3 Діаметр зерна реголіту

Щільність		
Оцінка	г/см	Кг/м
Несортований	1,12	1120
Жорсткий	1,25	1250
Гладкий	1,29	1290
Дуже гладкий	1,35	1350

Таб.4 діаметр зерна реголіту

ХІМІЧНИЙ СКЛАД

ID	MMS-1	MMS-2	Mars Average
SiO ₂	49.40	43.80	43.52
Fe ₂ O ₃	10.87	18.37	18.28
Al ₂ O ₃	17.10	13.07	8.64
CaO	10.45	7.98	6.09
MgO	6.08	6.66	6.54
S ₂ O ₃	0.10	6.11	6.42
Na ₂ O	3.28	2.51	2.57
P ₂ O ₅	0.17	0.13	0.79
TiO ₂	1.09	0.83	0.78
K ₂ O	0.48	0.37	0.35
MnO	0.17	0.13	0.32
Cr ₂ O ₃	0.05	0.04	0.37
Total	99.24	100.00	94.67

Таб, 5 хімічний склад реголіту за даним симулятору

	VL-1	VL-2	Pathfinder		KT	ID	Mars Average
Oxide	Wt%*	Wt%*	Wt%**				
SiO ₂	43	43	44.0	Silica (SiO ₂)	46.35	SiO2	43.52
Al ₂ O ₃	7.3	7	7.5	Alumina (Al ₂ O ₃)	20.85	Al2O3	18.28
TiO ₂	0.66	0.56	1.1	Ferric oxide (Fe ₂ O ₃)	2.06	CaO	6.09
Fe ₂ O ₃	18.5	17.8	16.5	Calcium oxide (CaO)	1.78	MgO	6.54
MnO	n.a.	n.a.	n.a.	Potassium oxide (K ₂ O)	1.79	SO3	6.42
CaO	5.9	5.7	5.6	Titanium oxide (TiO ₂)	2.19	Na2O	2.57
MgO	6	6	7.0	Magnesium oxide (MgO)	0.22	P2O5	0.79
K ₂ O	<0.15	<0.15	0.3	Sulphur trioxide (SO ₃)	-	TiO2	0.78
Na ₂ O	n.a.	n.a.	2.1	Alkali content (Na ₂ O + K ₂ O)	1.97	K2O	0.35
P ₂ O ₅	n.a.	n.a.	n.a.	Manganese oxide (MnO)	0.16	MnO	0.32
SO ₃	6.6	8.1	4.9	Chloride (Cl)	-	Cr2O3	0.37
Cl	0.7	0.5	0.5			Total	94.67
LOI	n.a.	n.a.	n.a.				
Total	89	89	89.5				

Порівняння хімічного складу ґрунту марсу які були отримані з марсоходів, із ґрунтом який створено за допомогою симулятора Mojave Mars Simulant та каолінітом. Бачимо, що ґрунт марсу містить значно більше оксидів заліза та оксидів магнію, але менше оксидів алюмінію в порівнянні з каолінітом. Данні з симулятором досить схожі.

1.4. Радіація та мінімальна товщина ґрунту

Радіаційний фон на Марсі (приблизно 22 мілірад на день, але значення може значно змінюватися залежно від місцевості, висоти та локальних магнітних полів) у 2,5 рази перевищує радіаційний фон на Міжнародній космічній станції та приблизно у 13 разів – його середній рівень у сучасних розвинутих країнах, що наближається до встановлених меж безпеки для космонавтів. Придатність для проживання на поверхні Марса сильно залежить від захисту від ультрафіолетового та іонізуючого випромінювання Марс не має магнітного поля для відхилення енергетично заряджених частинок, включаючи галактичні космічні промені та сонячні енергетичні частинки. Ці частинки проникають у тонку марсіанську атмосферу і реагують з реголітом,

в результаті чого утворюються інші частинки, що призводять до утворення окисного середовища на поверхні Марса. Дозу радіації, отриману Марсом, виміряли на 300 зоях детектором радіаційної оцінки (RAD), який перевозив марсохід MSL. Встановлено, що галактичні космічні промені на поверхні Марса становили $0,210 \pm 0,040$ мГр/добу (24000 ± 4500 мкР/добу), в порівнянні із земними 360 мкР/добу. [11]

Відносний рівень радіації на Марсі становить:

$$24000 \div 360 = 66,5 \text{ разів.}$$

У таку кількість разів рівень радіації на Марсі більший ніж на Землі.

Коефіцієнт ослаблення радіації в матеріалі можна визначити за формулою:

$$K_{\text{осл}} = 2^{\frac{\delta}{\delta_2}}$$

де δ_2 – товщина матеріалу, який ослабляє рівень радіації у 2 рази. Зокрема для ґрунту, який еквівалентний Марсіанському $\delta_2=14$ см. Звідки можна розрахувати товщину ґрунту, необхідну для отримання заданого ослаблення рівня радіації:

$$66,5 = 2^{\frac{84,8}{14}}$$

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таким чином, для захисту від сонячної радіації необхідно мінімум 85 см марсіанського ґрунту. ‘

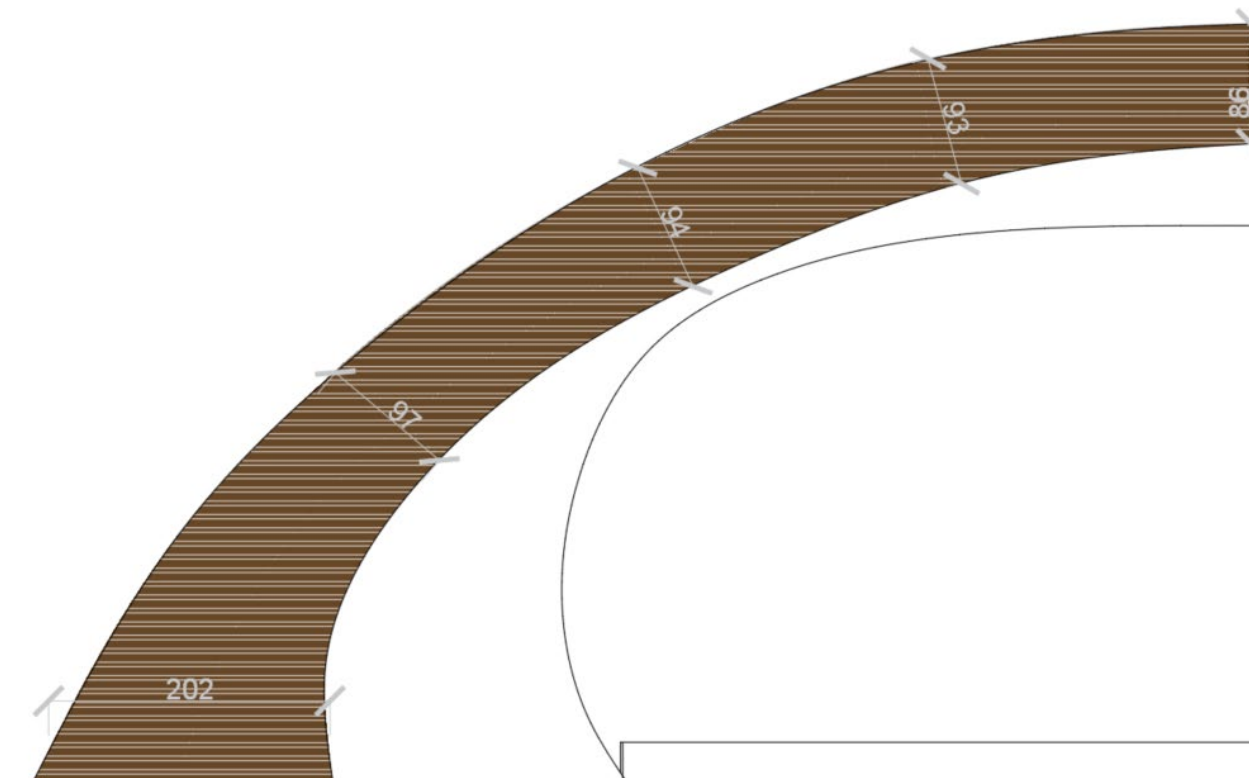


Рис. 11 Товщини стінки захисного купола

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІСЦЯ БУДІВНИЦТВА

2.1. Місце будівництва

Проаналізувавши кліматичні данні, рельєф, ґрунт та наявність води на всіх містах посадок марсоходів. На мою думку найкращим варіантом для будівництва буде місце посадки марсоходу Spirit.

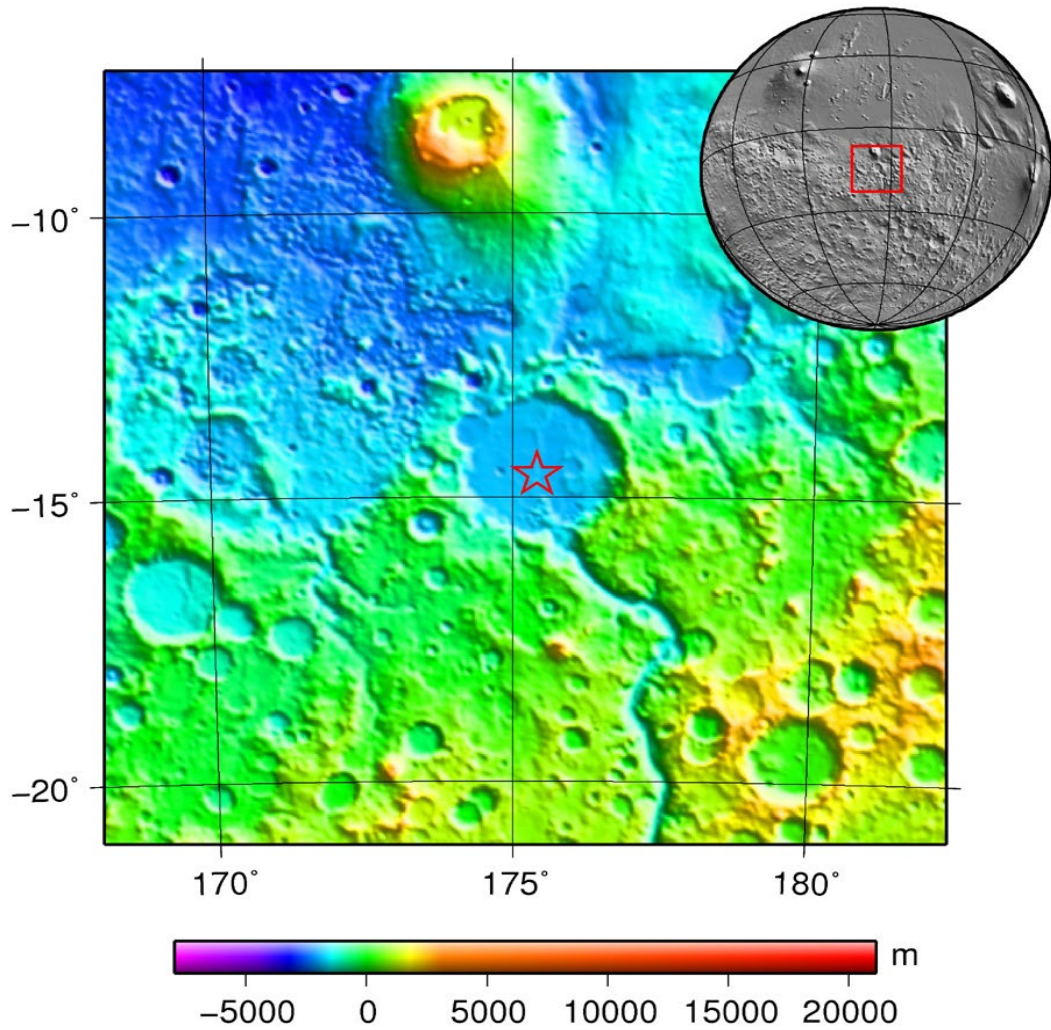


Рис.12 Місце посадки марсоходу Spirit на мапі Марсу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Місцевість рівнинна та підходить для будівництва, не має скель та володіє достатньою кількістю реголіту для побудови споруди

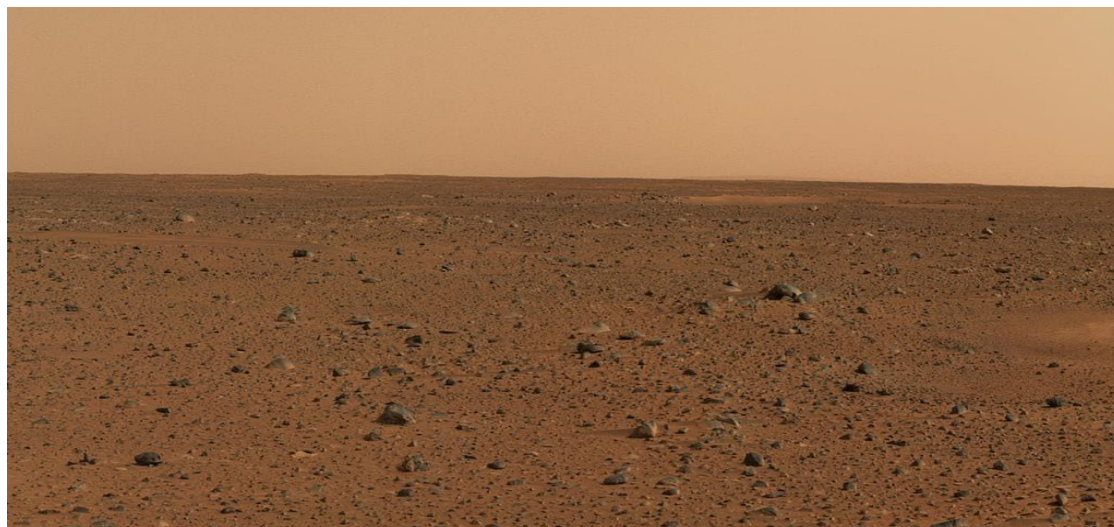


Рис.13. Кольорове зображення отримане з марсоходу Spirit

Також, як бачимо на рис.7, ця місцевість має в ґрунті частку воду, приблизно від 2 до 8 відсотків, це означає що можливо буде отримувати питну та технічну воду прямо на місці побудови

Температура в місці посадки досить сприятлива, враховуючи що це марс, середня приблизно $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ або 223 K . В най холодніші місяці на марсі температура опускається в ночі до -88 та в день піднімається до -23 . А атмосферний тиск знаходиться в області від 700 до 850 Па в залежності в сезоні року. Також неподалік знаходиться марсохід третього покоління Curiosity, який веде щоденний прогноз погоди показуючи максимальну та мінімальну температуру та атмосферний тиск за один марсіанський день, сол.

Щоденний прогноз погоди Curiosity Rover

Станція моніторингу навколишнього середовища Rover (REMS) вимірює та надає щоденні та сезонні звіти про атмосферний тиск, вологість, ультрафіолетове випромінювання на поверхні Марса, температуру повітря та температуру землі навколо марсохода. Дізнайтеся більше про метеостанцію [REMS](#).

Адреса: NASA/JPL/Caltech/MSL

Date	Sol	Air Temperature ($^{\circ}\text{F}$ $^{\circ}\text{C}$)		Pressure (Pa)	Sunrise	Sunset
		Max.	Min.			
May 11, 2022	3470	2°C	-67°C	839	05:24	17:36
May 10, 2022	3469	1°C	-65°C	838	05:24	17:36
May 9, 2022	3468	1°C	-71°C	834	05:24	17:35
May 8, 2022	3467	4°C	-67°C	833	05:23	17:35
May 7, 2022	3466	5°C	-67°C	829	05:23	17:35

2.2. Конструктивні особливості будівлі

Конструктивно будівля являє собою купол у формі сегменту, основні розміри якого показано на рис. 7. Усередині захисного купола розташовано герметичне приміщення з «тонкими» огорожуючими конструкціями. Купол виготовляється шляхом друкування на 3D принтері розігрітого до температури плавлення марсіанського реголіту.

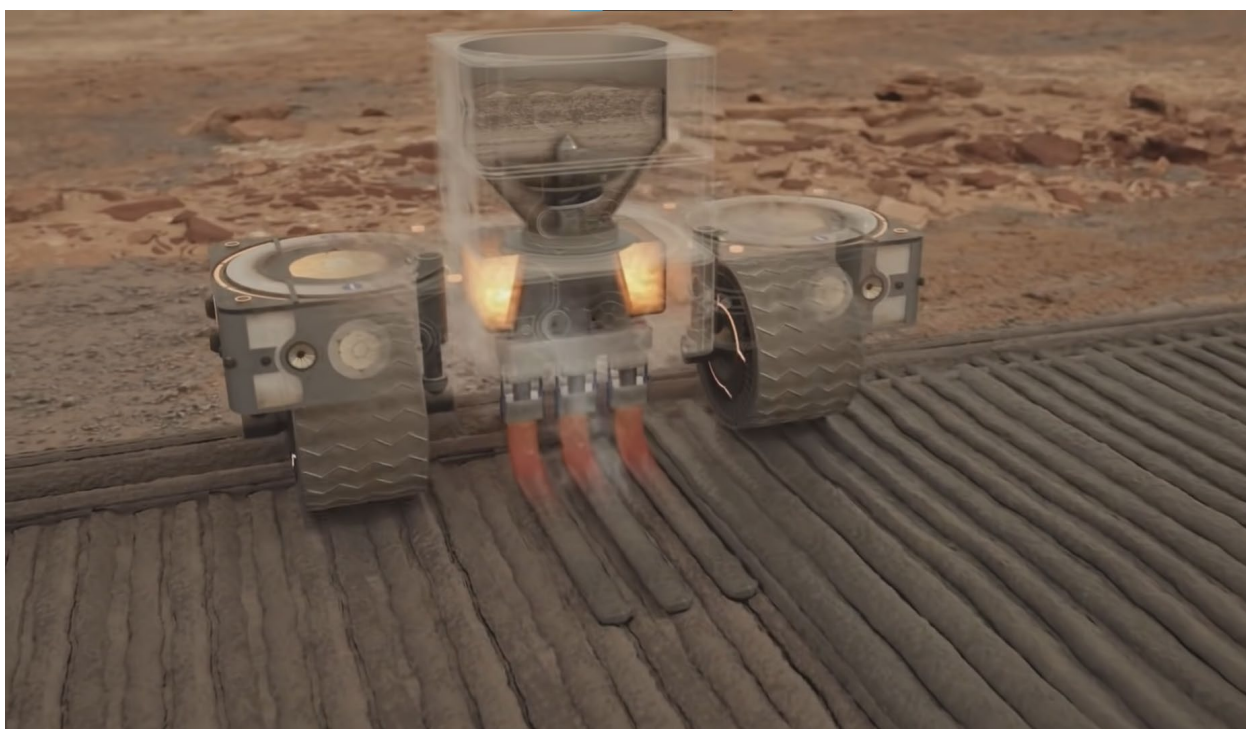
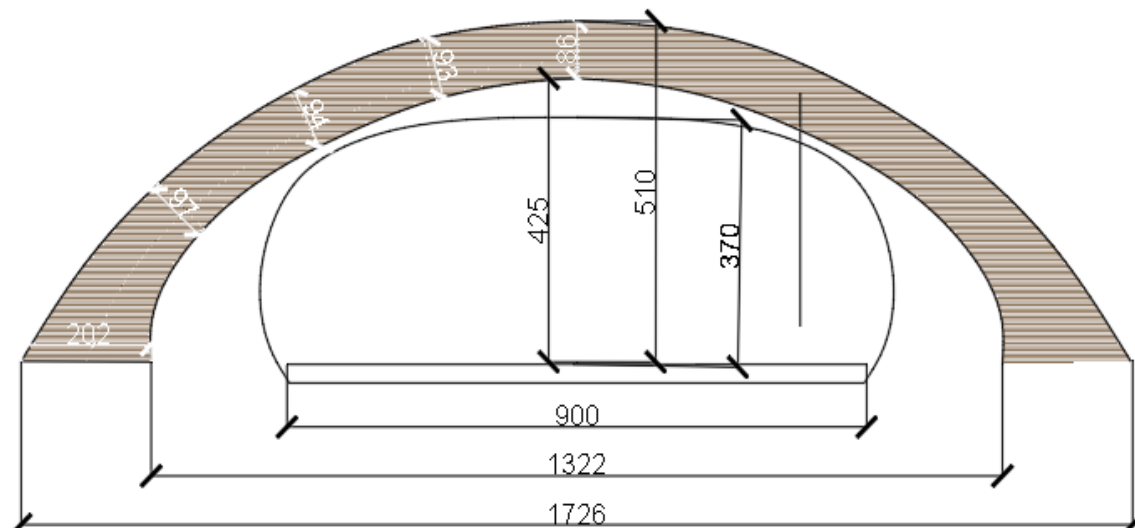


Рис 14 3D друкування стінки захисного купола переплавленим реголітом



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

401-НТ.18191 Дипломна робота

Арк.

28

Рис.15. Розріз марсіанської будівлі. Розміри в см

Об'єм сегмента можна визначити за формулою:

$$V_{\text{сегм}} = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h), \quad R = \frac{h^2 + r^2}{2h}.$$

де h – висота сегмента, м;

R – радіус кулі, м;

r – радіус основи сегмента, м.

З рис. 7. $h_{\text{зовн}} = 5,1$ м, $r_{\text{зовн}} = 17,2/2 = 8,6$ м,

$h_{\text{внут}} = 4,25$ м, $r_{\text{внут}} = 13,2/2 = 6,6$ м.

$$R = \frac{5,1^2 + 8,6^2}{2 \times 5,1} = 9,8 \text{ м}$$

$$V_{\text{сегм}} = \frac{1}{3} \times \pi \times 5,1^2 (3 \times 9,8 - 5,1) = 661 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм сегмента по зовнішньому обміру становить 661 м^3 .

$$R = \frac{4,25^2 + 6,6^2}{2 \times 4,25} = 9 \text{ м}$$

$$V_{\text{сегм}} = \frac{1}{3} \times \pi \times 4,25^2 (3 \times 9 - 4,25) = 430 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм сегмента по внутрішньому обміру становить 430 м^3

Площа зовнішньої поверхні захисного купола, м^2

$$r = \frac{a^2 + h^2}{2h} = \frac{8,6^2 + 5,1^2}{2 \times 5,1} = 9,8 \text{ м}$$

$$S = 2\pi r h = 2 \times \pi \times 9,8 \times 5,1 = 314 \text{ м}^2$$

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа внутрішньої поверхні захисного купола, м²

$$r = \frac{a^2 + h^2}{2h} = \frac{6,6^2 + 4,25^2}{2 \times 4,25} = 7,24 \text{ м}$$

$$S = 2\pi rh = 2 \times \pi \times 7,24 \times 4,25 = 193,33 \text{ м}^2$$

a – радіус сегмента купола

h – висота купола

π – 3.14

Середні товщини огорожуючих конструкцій купола:

Частина 1. $(0,86+0,93)/2=0,895 \text{ м}$

Частина 2. $(0,93+0,94)/2=0,935 \text{ м}$

Частина 3. $(0,94+0,97)/2=0,955 \text{ м}$

Частина 4. $(0,97+2,02)/2=1,495 \text{ м}$

Площі кожної частини по зовнішньому обміру.

Частина 1. $S_{\text{б.н.к}} = \pi l(R_1 + R_2) = 3.14 \times 2.33 \times 2,32 = 15.95 \text{ м}^2$

Частина 2. $S_{\text{б.н.к}} = \pi l(R_1 + R_2) = 3.14 \times 2.19 \times (4.4 + 2.32) = 46,2 \text{ м}^2$

Частина 3. $S_{\text{б.н.к}} = \pi l(R_1 + R_2) = 3.14 \times 2.67 \times (4.4 + 6.58) = 92,05 \text{ м}^2$

Частина 4 $S_{\text{б.н.к}} = \pi l(R_1 + R_2) = 3.14 \times 3.3 \times (8.63 + 6.58) = 157.6 \text{ м}^2$

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

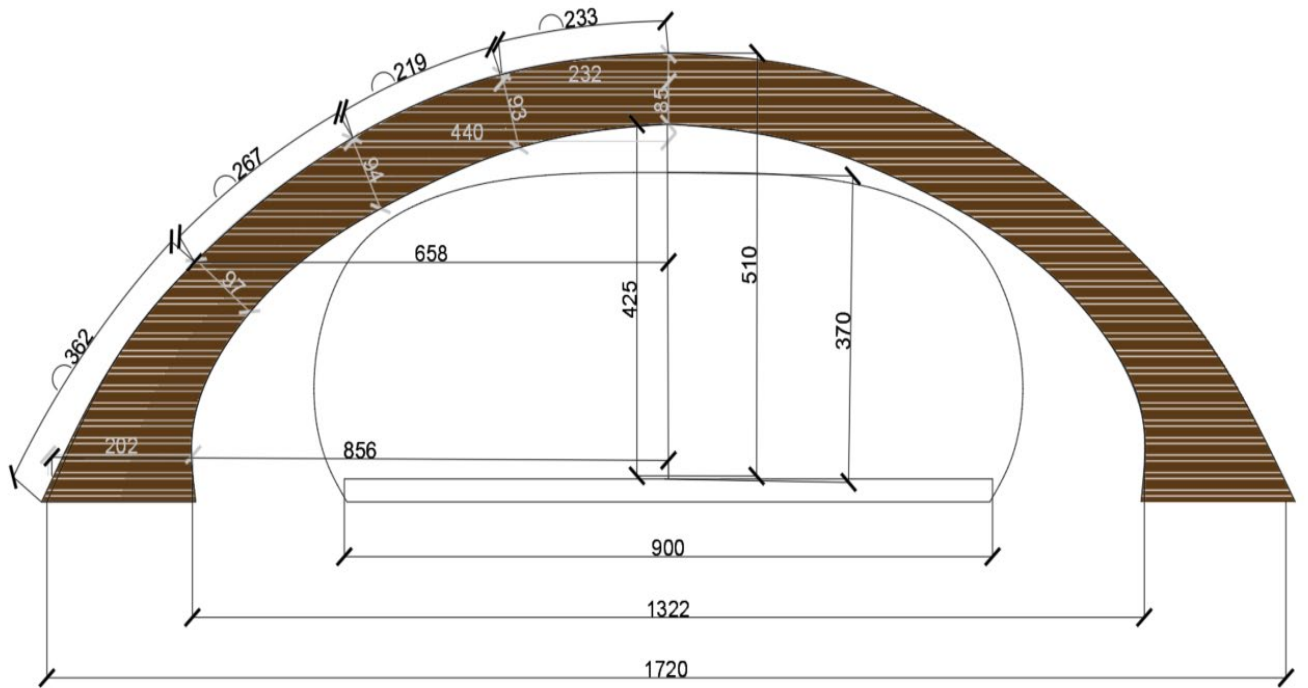


Рис. 15 Повні розміри в сантиметрах марсіанської буівлі в розрізі

2.3. Розрахунок тепловтрат

Для виготовлення захисного куполу на Марсі потрібно розігріти реголіт до температури плавлення, тим саме розплавивши його. В цьому випадку він буде подібний до закаменілої лави теплопровідність якої збільшиться до 2,03 Вт/(м×К).[12]

T (К)	ρ (kg/m ³)	C_p (J g ⁻¹ K ⁻¹)	α (10 ⁻² cm ² /s)	λ (W m ⁻¹ K ⁻¹)
288 ± 1	3091 ± 9	0.758 ± 0.023	0.869 ± 0.026	2.036 ± 0.087
466 ± 1	3077 ± 15	0.921 ± 0.027	0.723 ± 0.022	2.049 ± 0.087
676 ± 1	3055 ± 15	0.980 ± 0.029	0.642 ± 0.019	1.922 ± 0.082
871 ± 1	3034 ± 15	1.075 ± 0.032	0.542 ± 0.016	1.768 ± 0.075
965 ± 1	3022 ± 15	1.147 ± 0.034	0.505 ± 0.015	1.750 ± 0.075
1067 ± 1	3012 ± 15	1.244 ± 0.037	0.528 ± 0.016	1.978 ± 0.084
1117 ± 1	3009 ± 15	1.299 ± 0.039	0.544 ± 0.016	2.126 ± 0.091
1167 ± 1	3002 ± 15	1.357 ± 0.041	0.573 ± 0.017	2.334 ± 0.100
1215 ± 1	2993 ± 21	1.413 ± 0.042	0.601 ± 0.018	2.542 ± 0.109
1271 ± 1	2974 ± 148	1.478 ± 0.074	0.582 ± 0.029	2.558 ± 0.222
1320 ± 1	2959 ± 147	1.535 ± 0.076	0.521 ± 0.026	2.366 ± 0.205
1345 ± 1	2953 ± 147	1.564 ± 0.078	0.246 ± 0.012	1.136 ± 0.098
1370 ± 1	2947 ± 147	1.593 ± 0.079	0.248 ± 0.012	1.164 ± 0.101
1418 ± 1	2936 ± 147	1.694 ± 0.084	0.230 ± 0.012	1.144 ± 0.099
1467 ± 1	2925 ± 146	1.696 ± 0.085	0.219 ± 0.011	1.086 ± 0.094

Таб.6 теплопровідність закаменілої лави та інші її фізичні значення Цю таблицю використав із публікації «Thermal conductivity of a volcanic rock material (olivine-melilitite) in the temperature range between 288 and 1470 K» із інтернет ресурсу

https://www.academia.edu/22125524/Thermal_conductivity_of_a_volcanic_rock_material_olivine_melilitite_in_the_temperature_range_between_288_and_1470_K

Розрахунок конвективного потоку

Конвекційний потік це переміщення частинок рідини чи газу, зумовлене різницею температур, і різницею густин. Потік тепла, що переноситься рухом повітря. За видом розрізняють турбулентну і ламінарну конвекцію

Розрахунок критерія Грасгофа Прандля

$$Gr Pr = \frac{\beta g l^3 \Delta t}{\nu^2} Pr = \frac{1}{223} \frac{3.74 l^3 \Delta t}{(5.5 \times 10^{-4})^2} 0.730 = 4,04 \times 10^4 l^3 \Delta t$$

g - Прискорення сили тяжіння, дорівнює для марсу 3.74 м/с^2

l - Визначальний розмір поверхні напрямку повітря, м.

Δt - Різниця між температурами поверхні та повітря

ν - Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря

Pr - Критерій Прандля

Визначаємо критерій Нусельта, для визначення локального значення коефіцієнта

$$Nu_x = 0,135 (Gr_x Pr)^{1/3} = 0,135 \times (4,04 \times 10^4 l^3 \Delta t)^{1/3} = 4.63 l \Delta t^{-1/3}$$

Визначаємо з $Nu_x = a_{кx} x / \lambda$ - $a_{кx} x$ локальне значення коефіцієнта конвективного тепло обміну в перерізі, $Вт/(мК)$

$$a_{кx} x = Nu_x \times \lambda = 4.63 l^3 \Delta t \times 0.009 = 4,1 \times 10^{-2} l \Delta t^{1/3}$$

Розрахунок Критерій Грасгофа

$$Gr = \frac{\beta g l^3 \Delta t}{\nu^2} = \frac{1}{223} \frac{3.74 l^3 \Delta t}{(5.5 \times 10^{-4})^2} = 5.54 \times 10^4 l^3 \Delta t$$

g - Прискорення сили тяжіння, дорівнює для марсу 3.74 м/с^2

l - Визначальний розмір поверхні напрямку повітря, м.

Δt - Різниця між температурами поверхні та повітря

ν - Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря

Визначаємо локальне значення коефіцієнта конвективного теплообміна в переріз x

$$\frac{a_{кх}x}{0,009} = 0,358 \left[\frac{3,74x^3 \Delta t}{223(5.5 \times 10^{-4})^2} \right]^{1/4}$$

$$a_{кх} = 0,049(\Delta t / x)^{1/4}$$

Розраховуємо середнє значення коефіцієнта конвективного теплообміну a_k

$$a_k = \frac{4}{3} 0,049(\Delta t / l)^{1/4} = 0.065(\Delta t / l)^{1/4} \text{ Bm} / (\text{m}^2 \times \text{K})$$

$$l_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Gr_{кр} \times \nu^2}{g\beta}} \times \Delta t^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{\frac{10^9 \times (5.5 \times 10^{-4})^2}{3.74 \times \frac{1}{223}}} \times \Delta t^{\frac{1}{3}} = 26,22 \Delta t^{\frac{1}{3}}$$

Марс має дуже розріджену атмосферу, тому повітря не може турбілізуватися. Отже увесь конвективний теплообмін буде в ламінарній області.

Визначення кінематичної в'язкості повітря Марсу для розрахунку критерія Грасгофа Прандля

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{1.1 \times 10^{-5}}{0,02} = 0,00055 \text{ м}^2 / \text{с}$$

ρ - Густина повітря на рівні поверхні. Кг/м³

μ – Динамічна в'язкість повітря

Визначення динамічної в'язкості повітря Марсу

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

В'язкість газів, так само як і його густина, віт температури та тиску, Але при невеликих тисках і розрідженнях приблизно до 200 Па, в'язкість газу міняється мало і її можна розраховувати майже незалежно від тиску. Залежність в'язкості від температури вираховується за формулою Сезерленда
 Так як повітря масу маже повністю складається з вуглекислого газу, то сприймаємо динамічну в'язкість CO₂.

$$\mu = \mu_0 \frac{T_0 + C}{T + C} \left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2} = 15 \times 10^{-6} \frac{300 + 254}{223 + 254} \times \left(\frac{223}{300}\right)^{3/2} = 1.1 \times 10^{-5} \text{ Па} \times \text{с}$$

μ_0 – динамічна в'язкість CO₂ при 300 К

T_0 – Температура газу

T – Абсолютна температура

C – Постійна Сезерленда

Середня хаотична швидкість руху молекул

$$\bar{v} = \sqrt{3RT / \mu} = \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \times 223}{0,0441}} = 355,05 \text{ м/с}$$

$$T = 273 - 50 = 223$$

Середня довжина вільного пробігу молекули

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n} = \frac{1}{\sqrt{2} \times 3,14 \times (2,6 \times 10^{-12})^2 \times 2,73 \times 10^{23}} = 0,12 \text{ м}$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N_A \rho}{\mu} = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 0,02}{0,0441} = 2,73 \times 10^{23}$$

$$d = \sqrt{\frac{6\mu}{\pi \rho N_A}} = \sqrt{\frac{6 \times 0,0441}{3,14 \times 0,02 \times 6,02 \times 10^{23}}} = 2,6 \times 10^{-12} \text{ м}$$

λ – довжина вільного пробігу молекул

μ – маса одного моля газу

ρ – густина речовин

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

d – ефективний діаметр молекул;

n – концентрація молекул газу.

Розрахунок променевого потоку

Променевий потік, характеризує потужність випромінювання, яка визначається відношенням променевої енергії, яка переносить випромінюванням в даному напрямку, до часу перенесення, що значно перевищує період електромагнітних коливань. Променистий потік вимірюється в ватах

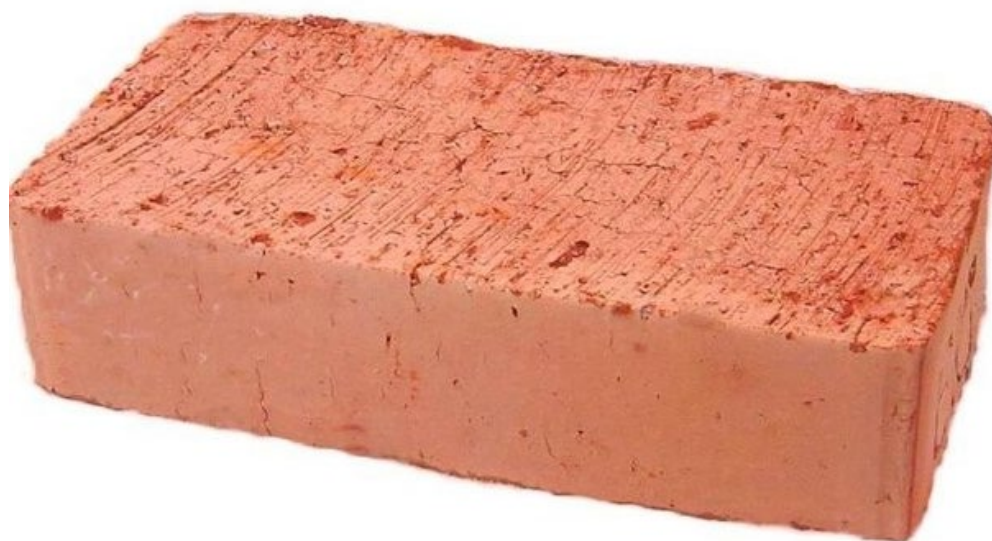


Рис.16 червона шорстка цегла.

На мою думку, найкращим варіантом за схожістю буде червона шорстка цегла. Вона чудово підходить як аналог розплавленого реголіту в ступені чорноти повного нормального випромінювання

Цегла червона шорстка $\epsilon - 0,93$

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

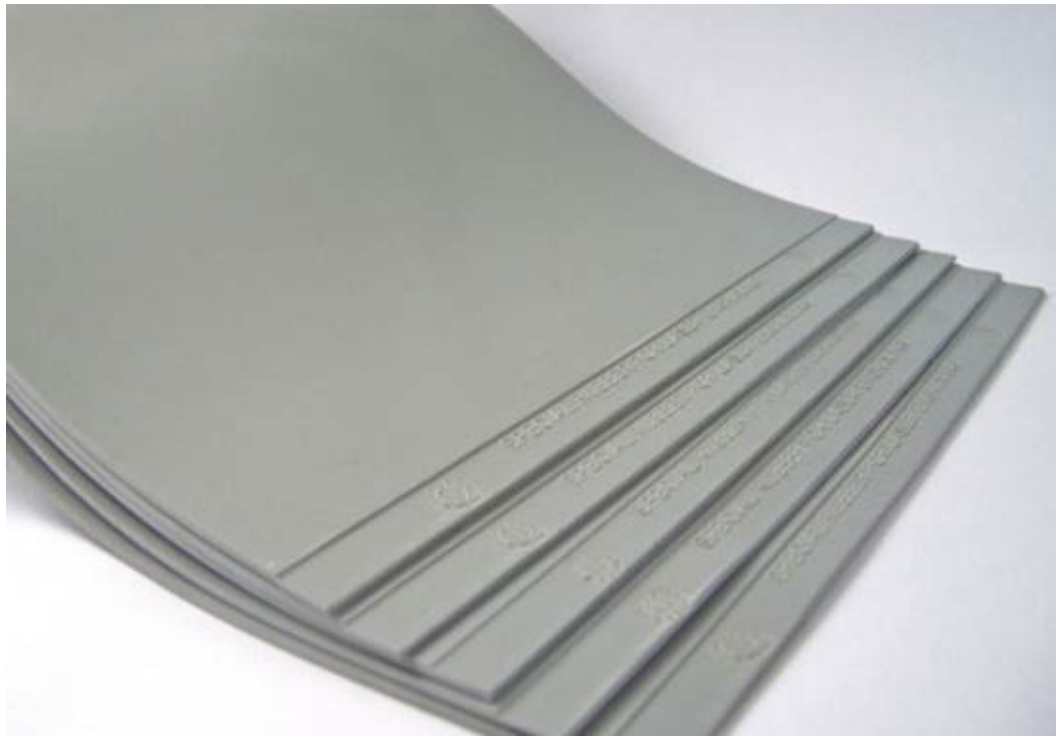


Рис.17 Гума м'яка, сіра, шорохувата

Гуму для внутрішнього житлового об'єму використовуємо вакуумну, так як вона чудово підходить через те що вона не пропускає повітря, тим саме є повністю герметичною

Резина м'яка, сіра, шорохувата $\varepsilon=0,86$ [13]

Приведений відносний коефіцієнт випромінювання теплообмінних поверхонь

$$\varepsilon_{np1-2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,93} + \frac{1}{0,86} - 1} = 0,807$$

ε_1 і ε_2 – відносні коефіцієнти випромінювання поверхонь

$$b_{1-2} = \frac{\left(\frac{T}{100}\right)^4 - \left(\frac{T}{100}\right)^4}{(T_1 - T_2)} = \frac{\left(\frac{273-30}{100}\right)^4 - \left(\frac{273+15}{100}\right)^4}{(273-30) - (273+15)} = 0,75$$

Визначаємо коефіцієнт проміневого теплообміну поверхні

$$a_n = C_0 \varepsilon_{np1-R} b_{1-R} \varphi_{1-R} = 5.77 \times 0.807 \times 0.75 \times 1 = 3,5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Розрахунок променевого потоку для зовнішньої частини захисного купола

ε_1 сприймаємо як абсолютно чорне тіло. так як це

$$\varepsilon_{np1^{1-2}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{0,93} - 1} = 0,93$$

$$b_{1-2} = \frac{\left(\frac{T}{100}\right)^4 - \left(\frac{T}{100}\right)^4}{(T_1 - T_2)} = \frac{\left(\frac{273-50}{100}\right)^4 - \left(\frac{273-40}{100}\right)^4}{(273-50) - (273-40)} = 0,47$$

Визначаємо коефіцієнт проміневого теплообміну поверхні

$$a_n = C_0 \varepsilon_{np1-R} b_{1-R} \varphi_{1-R} = 5.77 \times 0.93 \times 0.47 \times 1 = 2,52 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

a_3 загальний коефіцієнт теплообміну поверхні.

Внутрішній коефіцієнт теплообміну поверхні

$$a_{з.внут.} = a_n + a_\kappa = 3,5 + 0,065 = 3,565 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Зовнішній коефіцієнт теплообміну поверхні

$$a_{з.зовн.} = a_n + a_\kappa = 2,52 + 0,065 = 2,585 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К}) [14]$$

Розрахунок термічного опору для кожної частини захисного купола

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частина 1.

$$R_3 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,895}{2,03} = 0,44 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 2.

$$R_3 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,935}{2,03} = 0,46 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 3.

$$R_3 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,955}{2,03} = 0,47 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 4

$$R_3 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1,495}{2,03} = 0,736 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

λ – теплопровідність матеріалу

δ – товщина матеріалу

Загальний термічний опір купола дорівнює сумі всіх частин

$$\Sigma R = 0,47 + 0,366 + 0,280 + 0,280 + 0,114 = 1,51 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$R_{p.звон} = \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{2,585} = 0,366 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_1} = \frac{1}{3,565} = 0,280 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$R_2 = \frac{1}{\alpha_1} = \frac{1}{3,565} = 0,280 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$R_{p.внут.} = \frac{1}{\alpha_6} = \frac{1}{8,7} = 0,114 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

α_i – коефіцієнт теплообміну

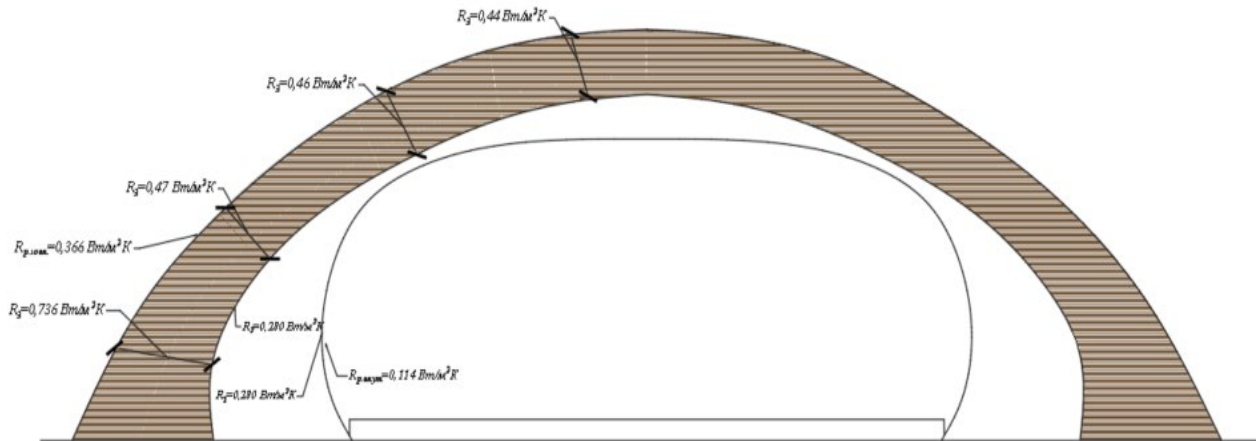


Рис. 18 Термічні опори марсіанської будівлі
Температурний режим

$$t_1 = t_6 - (t_6 - t_3) \frac{\sum_{i=1}^i R_i}{R_{\Sigma}} = 20 - (20 - (-50)) \frac{0,114}{1,51} = 14,71^{\circ}\text{C}$$

$$\Sigma R_i = 0,280 + 0,114 + 0,280 = 0,674 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$t_2 = t_6 - (t_6 - t_3) \frac{\sum_{i=1}^i R_i}{R_{\Sigma}} = 20 - (20 - (-50)) \frac{0,674}{1,51} = -11,24^{\circ}\text{C}$$

$$\Sigma R_i = 0,280 + 0,114 + 0,280 + 0,47 = 1,144 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$t_3 = t_6 - (t_6 - t_3) \frac{\sum_{i=1}^i R_i}{R_{\Sigma}} = 20 - (20 - (-50)) \frac{1,144}{1,51} = -31,64^{\circ}\text{C}$$

$t_в$ - температура повітря внутрішня

t_3 - середньодобова температура повітря зовнішня

$\sum_{i=1}^i R_i$ - сума опорів i -го шару

R_{Σ} - повна сума опорів

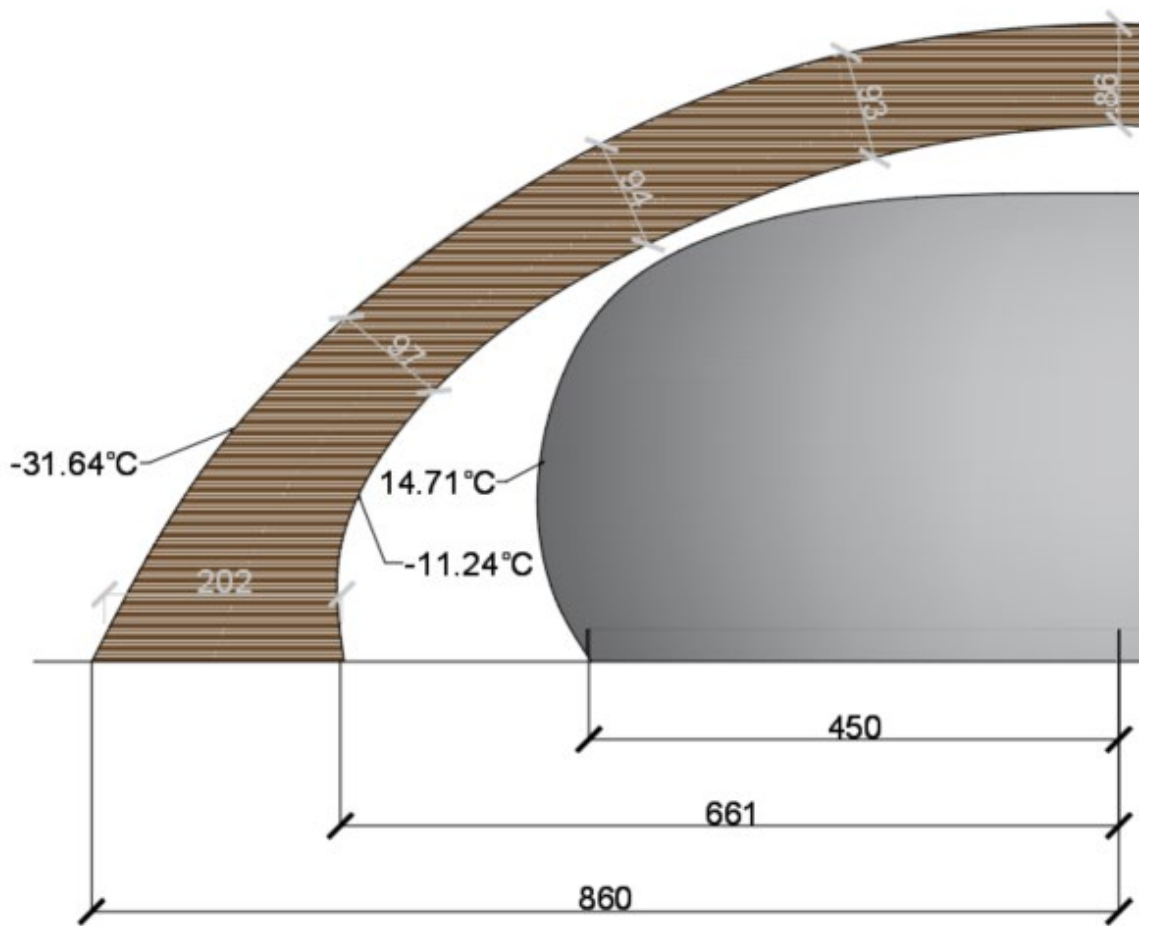


Рис.19. Температурний режим до уточнення температур

Уточнення коефіцієнтів теплопередач

$$l_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Gr_{кр} \times \nu^2}{g\beta}} \times \Delta t^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{\frac{10^9 \times (5.5 \times 10^{-4})^2}{3.74 \times \frac{1}{223}}} \times \Delta t^{\frac{1}{3}} = 26,22 \Delta t^{\frac{1}{3}}$$

$$26,22 \Delta t^{\frac{1}{3}} = 26,22 \times 25,95^{\frac{1}{3}} = 8,85$$

$$l_{кр} \approx 4,25 \text{ м}$$

Δt - Різниця між температурами поверхні дорівнює 25,95 °С

$l_{кр}$ дорівнює 8.85 м, але максимальна висота захисного купола 4,25 м, тому

Уточнюємо середнє значення коефіцієнта конвективного тепелообміну a_k

$$a_k = \frac{4}{3} 0,049 \left(\frac{\Delta t}{l} \right)^{1/4} = 0,065 \left(\frac{\Delta t}{l} \right)^{1/4} = 0,065 \left(\frac{25,95}{4,25} \right)^{1/4} = 0,102 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Уточнюємо коефіцієнт проміневого теплообміну поверхні

Внутрішній коефіцієнт проміневого теплообміну поверхні

$$b_{1-2} = \frac{\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4}{(T_1 - T_2)} = \frac{\left(\frac{273 - 11,24}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 14,71}{100} \right)^4}{(273 - 11,24) - (273 + 14,71)} = 0,83$$

$$a_n = C_0 \varepsilon_{np1-R} b_{1-R} \varphi_{1-R} = 5,77 \times 0,807 \times 0,83 \times 1 = 3,86 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Зовнішній коефіцієнт проміневого теплообміну поверхні

$$b_{1-2} = \frac{\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4}{(T_1 - T_2)} = \frac{\left(\frac{273 - 50}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 - 31,64}{100} \right)^4}{(273 - 50) - (273 - 31,64)} = 0,50$$

$$a_n = C_0 \varepsilon_{np1-R} b_{1-R} \varphi_{1-R} = 5,77 \times 0,93 \times 0,50 \times 1 = 2,68 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Уточнюємо загальний коефіцієнт теплообміну поверхні.

Внутрішній загальний коефіцієнт теплообміну поверхні

$$a_{з.внут.} = a_n + a_k = 3,86 + 0,102 = 3,962 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Зовнішній загальний коефіцієнт теплообміну поверхні

$$a_{з.зовн.} = a_n + a_k = 2,68 + 0,102 = 2,782 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Уточнюємо загальний термічний опір купола дорівнює сумі всіх частин

$$\Sigma R = 0,47 + 0,359 + 0,252 + 0,252 + 0,114 = 1,447 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$R_{p.звон} = \frac{1}{a_3} = \frac{1}{2,782} = 0,359 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$R_1 = \frac{1}{a_1} = \frac{1}{3,962} = 0,252 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$R_2 = \frac{1}{a_1} = \frac{1}{3,962} = 0,252 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$R_{p.\text{внут.}} = \frac{1}{a_6} = \frac{1}{8.7} = 0,114 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Уточнюємо температурний режим

$$t_i = t_6 - (t_6 - t_3) \frac{\sum R_i}{R_\Sigma} = 20 - (20 - (-50)) \frac{0.114}{1.447} = 14.48^\circ\text{C}$$

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 = 0,618 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$t_1 = t_6 - (t_6 - t_3) \frac{\sum R_i}{R_\Sigma} = 20 - (20 - (-50)) \frac{0.618}{1.447} = -9.89^\circ\text{C}$$

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0.47 = 1,088 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

$$t_i = t_6 - (t_6 - t_3) \frac{\sum R_i}{R_\Sigma} = 20 - (20 - (-50)) \frac{1.088}{1.447} = -32.63^\circ\text{C}$$

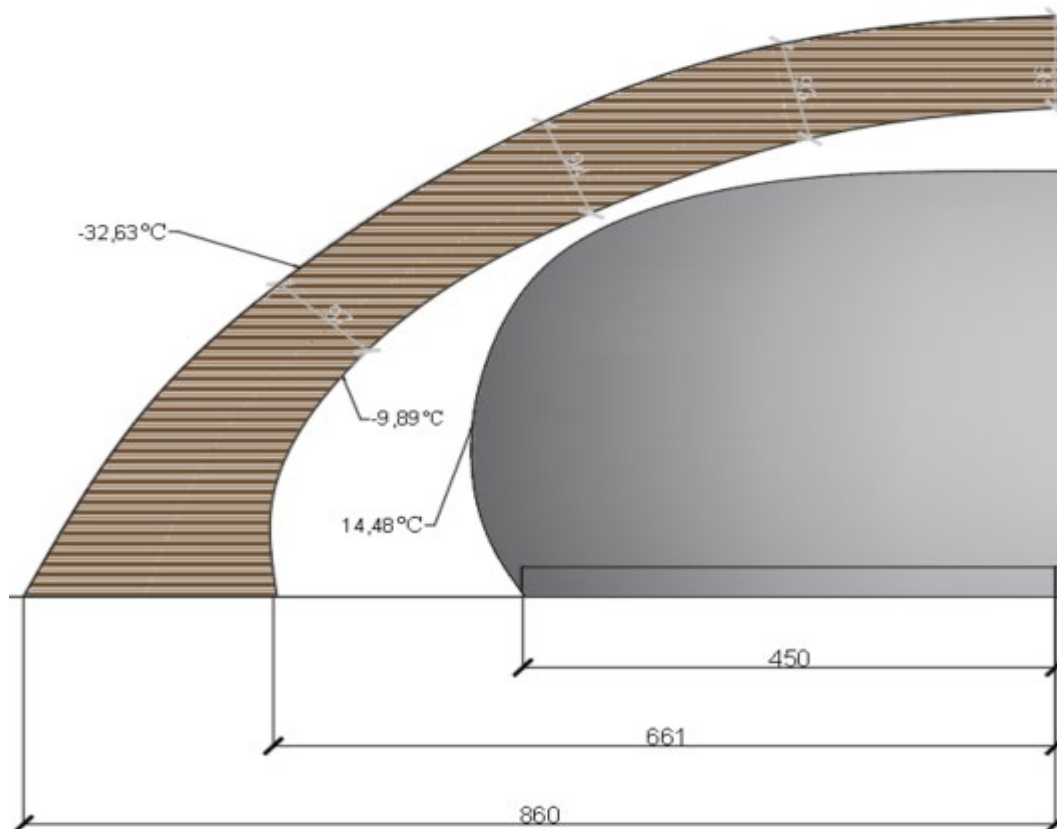


Рис. 20. Температурний режим після уточнення температур

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розрахунок термічного опору для кожної частини захисного куполу

Частина 1.

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0,44 = 1,058 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 2.

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0,46 = 1,078 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 3.

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0,47 = 1,088 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 4

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0,736 = 1,354 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Розрахунок тепловтрат будівлі

Частина 1.

$$Q = \frac{F}{R} \times \Delta t = \frac{15.95}{1,058} \times (20 - (-50)) = 1055 \text{ Вт}$$

Частина 2.

$$Q = \frac{F}{R} \times \Delta t = \frac{46.2}{1,078} \times (20 - (-50)) = 3000 \text{ Вт}$$

Частина 3.

$$Q = \frac{F}{R} \times \Delta t = \frac{92.05}{1,088} \times (20 - (-50)) = 5922,3 \text{ Вт}$$

Частина 4

$$Q = \frac{F}{R} \times \Delta t = \frac{157.6}{1,354} \times (20 - (-50)) = 8147,7 \text{ Вт}$$

Загальні тепловтрати дорівнюють

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1055 + 3000 + 5922.3 + 8147.7 = 18125 \text{ Вт}$$

Тепловтрати занадто великі тому потрібно використати теплоізоляцію в якості аерогелю.

Найкращим варіантом буде аерогель під назвою Cryogel x201 теплопровідність якого при -50°C дорівнює $0.0129 \text{ Вт}/(\text{м}\times\text{К})$

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

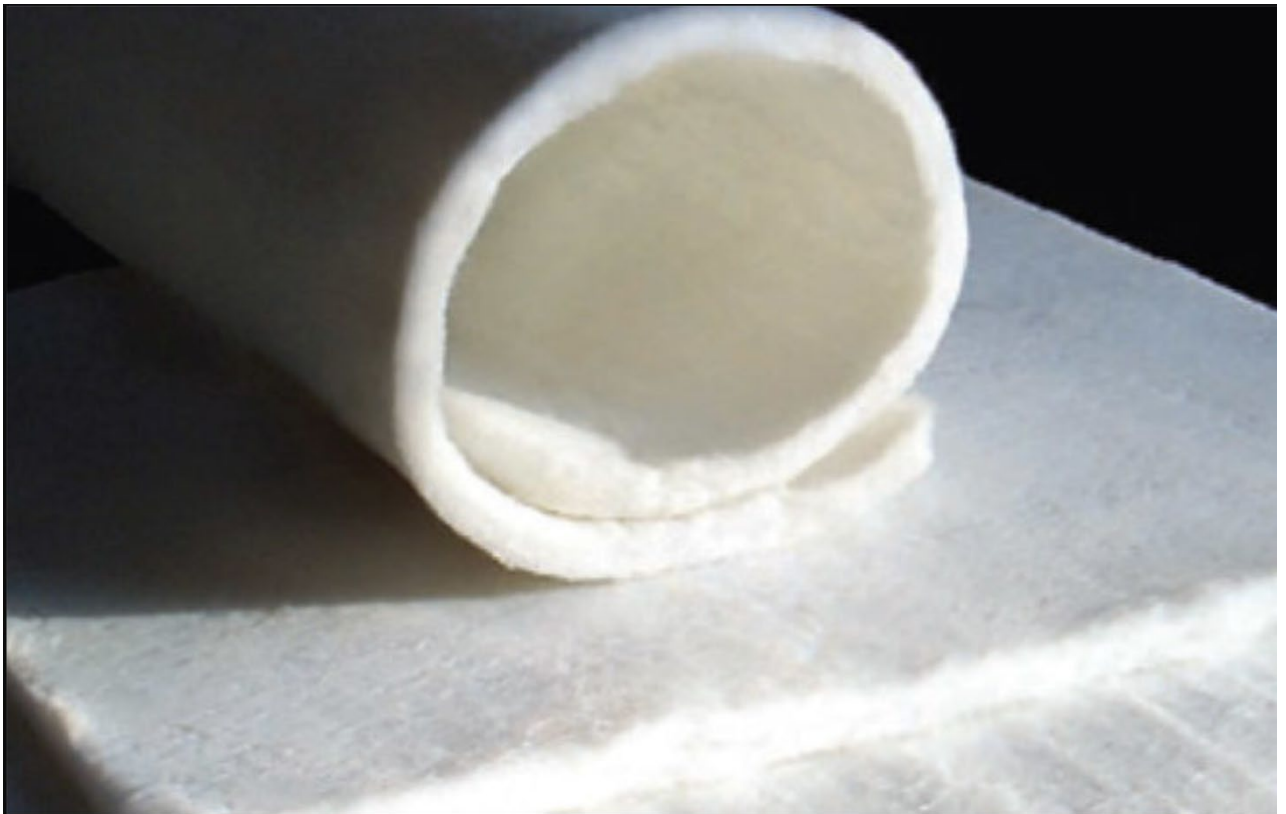
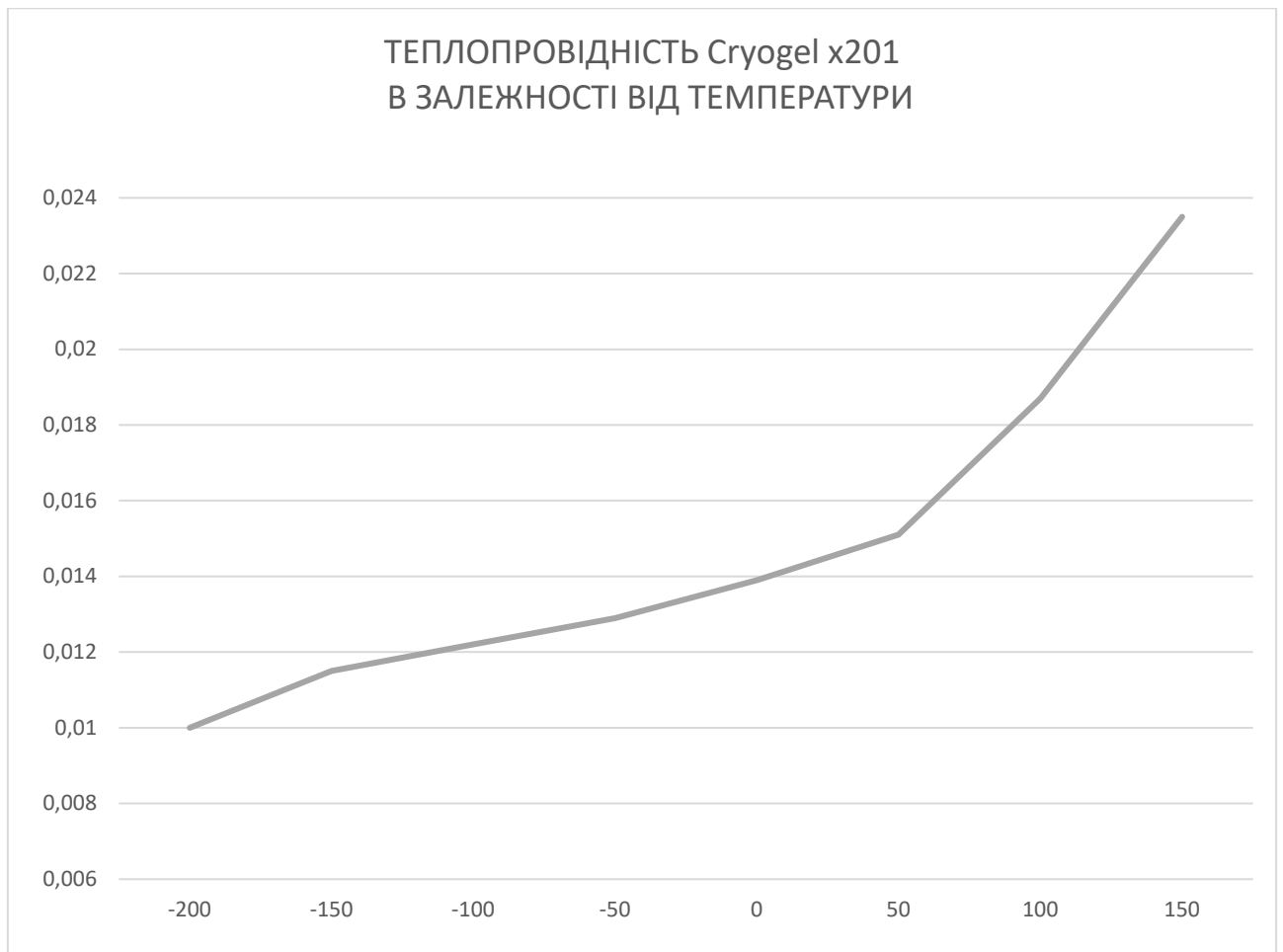


Рис. 21 Аерогель для утеплення Cryogel x201

Cryogel x201 – гнучка нанопориста теплоізоляція для криогенної техніки. Забезпечує максимальний тепловий захист при мінімальній вазі та товщині у діапазоні температури від -200 до 200 °С.

Кріогель має унікальні властивості: екстремально низький коефіцієнт теплопровідності, висока гнучкість, непромокальність, негорючість. Такі характеристики роблять матеріал незамінним для теплового захисту в умовах наднизьких температур та криогеніки.



Графік тепло провідності аерогеля

Це ще не враховуючи того що цей вид аерогелю на землі наповнений повітрям, на Марсі не має такого повітря тому теплопровідність буде меншою

Кріогель виробляється за запатентованою нанотехнологією на основі кварцового аерогелю з посиленням мікрОВОлокнами, що дозволяє матеріалу досягати неперевершених теплоізолюючих властивостей. Унікально низька теплопровідність матеріалу запобігає втратам тепла при мінімальній масі та об'ємі теплоізолюючого шару. Ця інформація про кріогель була взята з інтернет ресурсу : <http://www.ayvazyalitim.com/urunler/4-cryogel-x201-ortam-sicakligi-alti-ve-kriyojenik-uygulamalari-icin-esnek-endustriyel-yalitim.html> [15]

З формули тепловтрат $Q = \frac{F}{R} \times \Delta t$ отримуємо формулу для розрахунку термічного опору для загальних тепловтрат.

$$R = \frac{F \times \Delta t}{Q_{\text{теп.надх.}}} = \frac{311,8 \times (20 - (-50))}{4900} = 4,45 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К})$$

$R=4.45\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$ - такий термічний опір повинний бути для того щоб урівноважити тепловий баланс

Розрахунок товщини теплоізолюючого шару методом підбору

Частина 1.

$$R_{\text{ізол.}} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,044}{0,0129} = 3,41 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 2.

$$R_{\text{ізол.}} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,044}{0,0129} = 3,41 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 3.

$$R_{\text{ізол.}} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,044}{0,0129} = 3,41 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 4

$$R_{\text{ізол.}} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,04}{0,0129} = 3,1 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

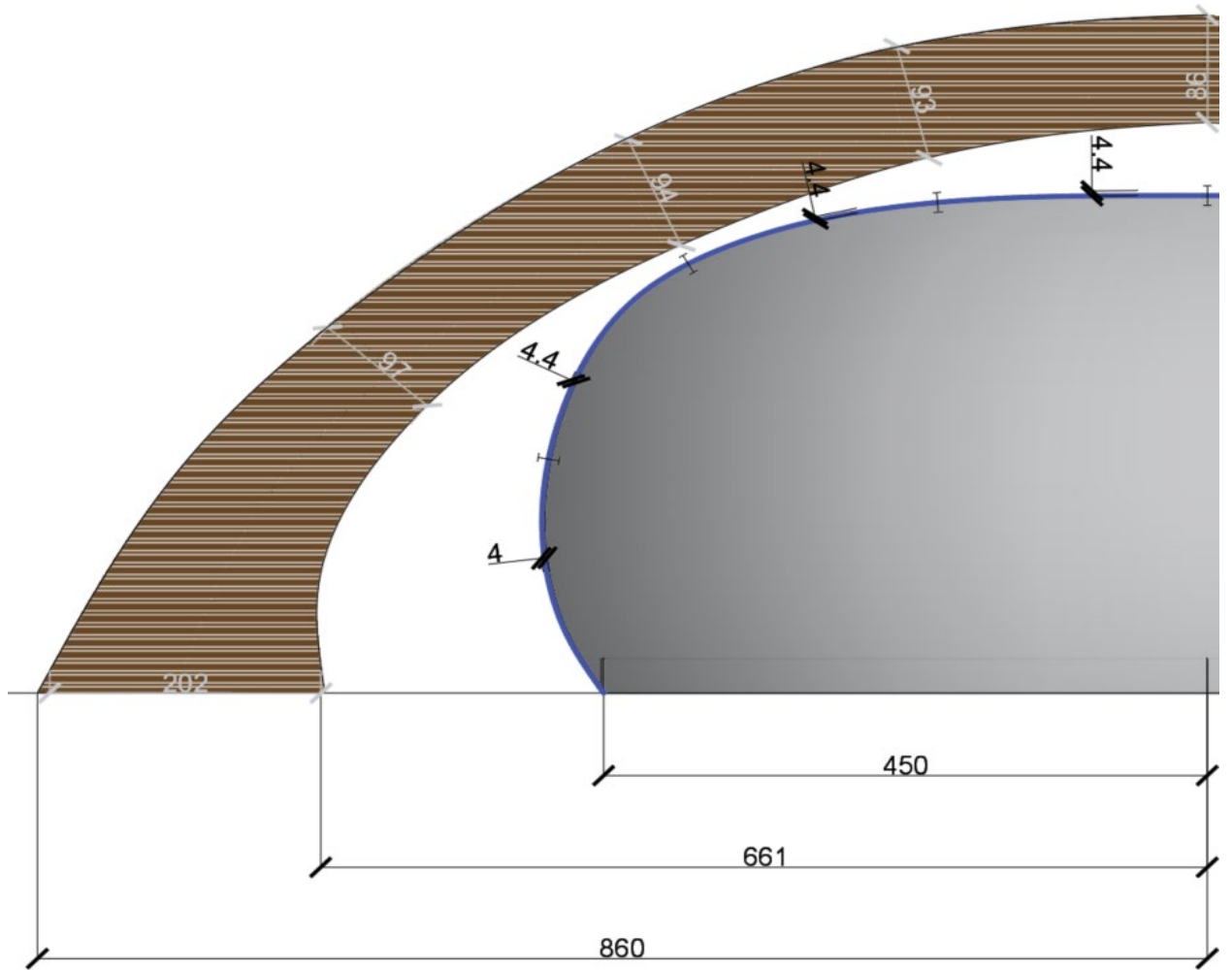


Рис. 22. Товщини теплоізолюючого шару, розміри в см

Перерахунок термічного опору з урахуванням теплоізоляції

Частина 1.

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0,44 + 3,41 = 4,468 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 2.

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0,46 + 3,41 = 4,488 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 3.

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0,47 + 3,41 = 4,498 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

Частина 4

$$\Sigma R_i = 0,252 + 0,114 + 0,252 + 0,736 + 3,1 = 4,454 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

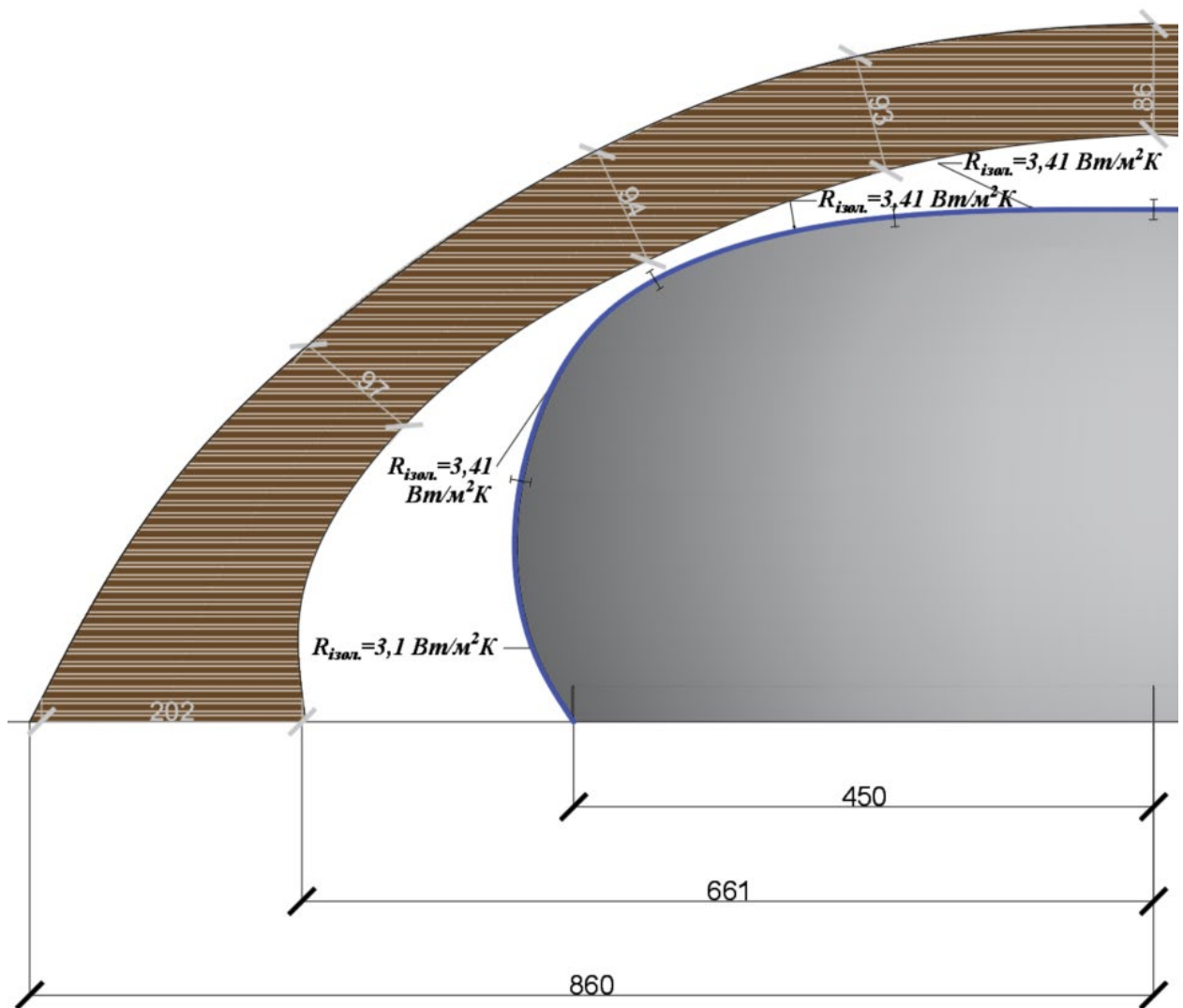


Рис. 23. Теплопір теплоізолюючого шару, розміри в см

Перерахунок тепловтрат з урахуванням теплоізолюючого шару

$$\text{Частина 1. } Q = \frac{F}{R} \times \Delta t = \frac{15.994}{4,468} \times (20 - (-50)) = 250,5 \text{ Вт}$$

$$\text{Частина 2. } Q = \frac{F}{R} \times \Delta t = \frac{46.244}{4,488} \times (20 - (-50)) = 721,2 \text{ Вт}$$

$$\text{Частина 3. } Q = \frac{F}{R} \times \Delta t = \frac{92.094}{4,498} \times (20 - (-50)) = 1433,2 \text{ Вт}$$

$$\text{Частина 4 } Q = \frac{F}{R} \times \Delta t = \frac{157.64}{4,454} \times (20 - (-50)) = 2477,5 \text{ Вт}$$

Температурний режим з шаром теплоізоляції в середині резинового купола

$$t_1 = t_6 - (t_6 - t_3) \frac{\sum R_i}{R_\Sigma} = 20 - (20 - (-50)) \frac{0.114}{4.46} = 18.21^\circ\text{C}$$

Загальні тепловтрати з теплоізолюючим шаром дорівнюють

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 250,5 + 721,2 + 1433,2 + 2477,5 = 4882,4 \text{ Вт}$$

2.4. Аналіз теплонадходжень

Витрати енергії зумовлені витратами на Міжнародній космічній станції. Визначення витрат МКС проводиться вирахуванням об'єму станції на кількість виробленої сонячними панелями енергії. Сьогодні типовим є значення 80 кВт – електричні елементи деградують через іонізуючого випромінювання. Вочевидь, значення потужності змінюється залежно від положення щодо Сонця. [16]

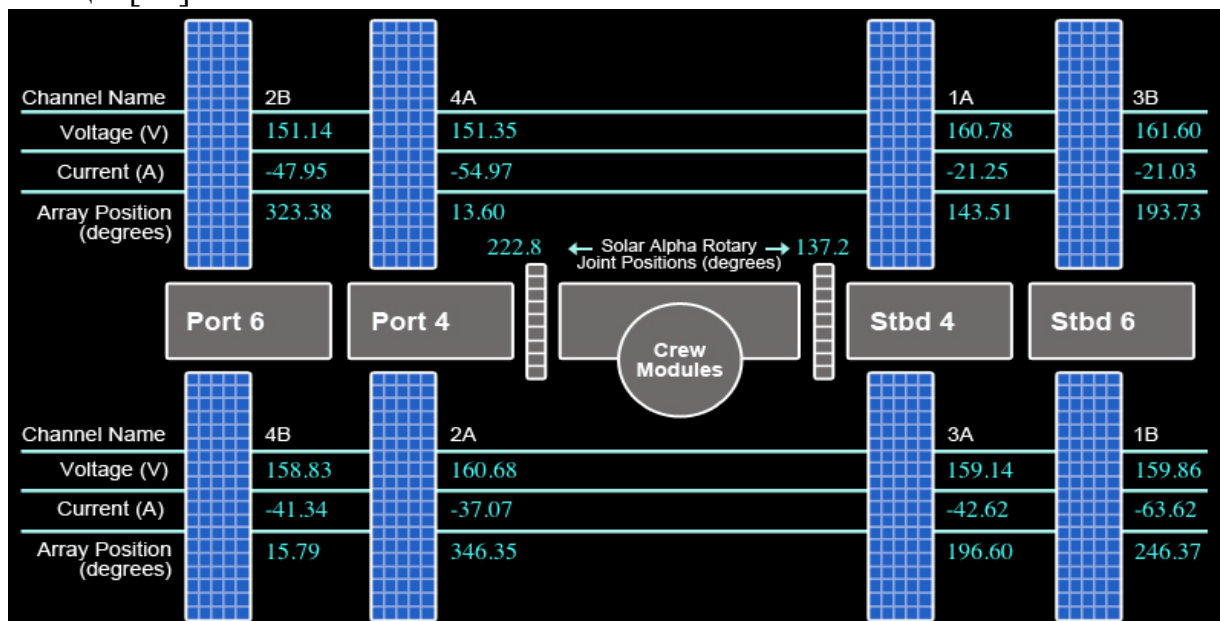


Рис. 24. Приклад реальних струмів і напруги, що видаються, для кожного з восьми крил.

Згідно з даними (рис.8.), панелі виробляють приблизно 52 кіловати енергії на сонячній стороні. Половину часу станція затінена, тому середнє значення енергоспоживання $52/2=26$ кВт. Житловий об'єм станції становить 931м^3 . Таким чином, питомі об'ємні (технологічні) теплонадходження, $\text{Вт}/\text{м}^3$

$$Q = \frac{N}{V} = \frac{26}{931} = 0.0279 \text{ кВт} / \text{м}^3 = 27,9 \text{ Вт} / \text{м}^3$$

$$V_{\text{сегм}} = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h), \quad R = \frac{h^2 + r^2}{2h}$$

де h – висота сегмента, м;

R –радіус кулі, м;

r – радіус основи сегмента, м.

$$R = \frac{3.7^2 + 4.5^2}{2 \times 3.7} = 4.58 \text{ м}$$

$$V_{\text{сегм}} = \frac{1}{3} \times \pi \times 3.7^2 (3 \times 4.58 - 3.7) = 144 \text{ м}^3$$

Враховуючи, що житловий об'єм надувної частини будівлі становить 144м^3 , можемо знайти її теплонадходження $144 \times 27,9 = 4017,6$ Вт

Кількість людей, що працюють та живуть у будівлі становить 7чол.

Легка робота 125Вт

Теплонадходження від людей для легкої роботи 875 Вт

Загальні теплонадходження будуть становити близько 4892.6 Вт

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

ВИСНОВКИ

На закінчення у висновкові є про що поговорити. Аналізуючи клімат Марсу у було виявлено що середньо зимова температура досягає $-50 - -55^{\circ}\text{C}$. Ламінарний режим у без вітряному просторі закінчується тільки на висоті 8 метрів 85 сантиметрів, це досить не звично в порівнянні із Землею. Це відбувається через досить низьку гравітацію та дуже розріджену атмосферу планети. Тому втрати тепла відбуваються при конвекції тільки при ламінарному режимі. Кажучи про втрати, то α конвекції тільки $0.065 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ через дуже розріджену атмосферу в порівнянні з α променевим, яке більше від конвективного в 55 рази внутрішнє і 39 раз зовнішнє, тому основні втрати енергії відбуваються за рахунок інфрачервоного випромінювання. Кажучи про конструкцію, то даний варіант не є найкращим, але він має право на життя, головні недоліки це обов'язкове утеплення, або товщина стінки захисного купола не менше 8 метрів, що є не можливим. дуже великі витрати енергій та часу на будівництво, це займе не один рік, також дуже великі економічні витрати, зв'язані з доставкою обладнання та матеріалів. Цей варіант будівництва є малоімовірним так як є більше швидкий, дешевший і простіший варіант для будівництва. Цей варіант є насип реголіту відразу на житловий блок, він має значно гіршу тепло провідність, приблизно $0.07 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, в порівняння з $2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ у плавленого реголіту, не буде повітряного прошарку, будівництво такого варіанту потребує меншого технологічного прогресу,

					401-НТ.18191 Дипломна робота	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

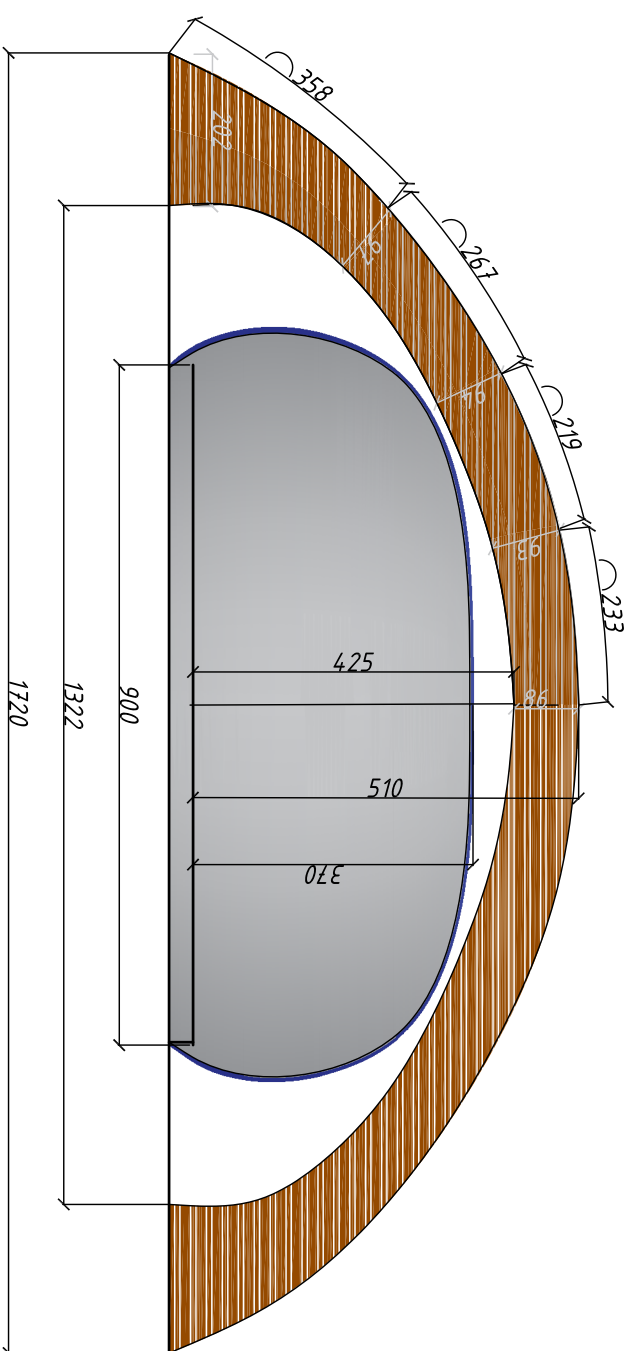
займе значно менше часу та ресурсів. Головною проблемою є вага потрібна така конструкція яка витрамає мінімум 85 сантиметрів ґрунту Марсу.

					<i>401-НТ.18191</i> <i>Дипломна робота</i>	Арк.
						53
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

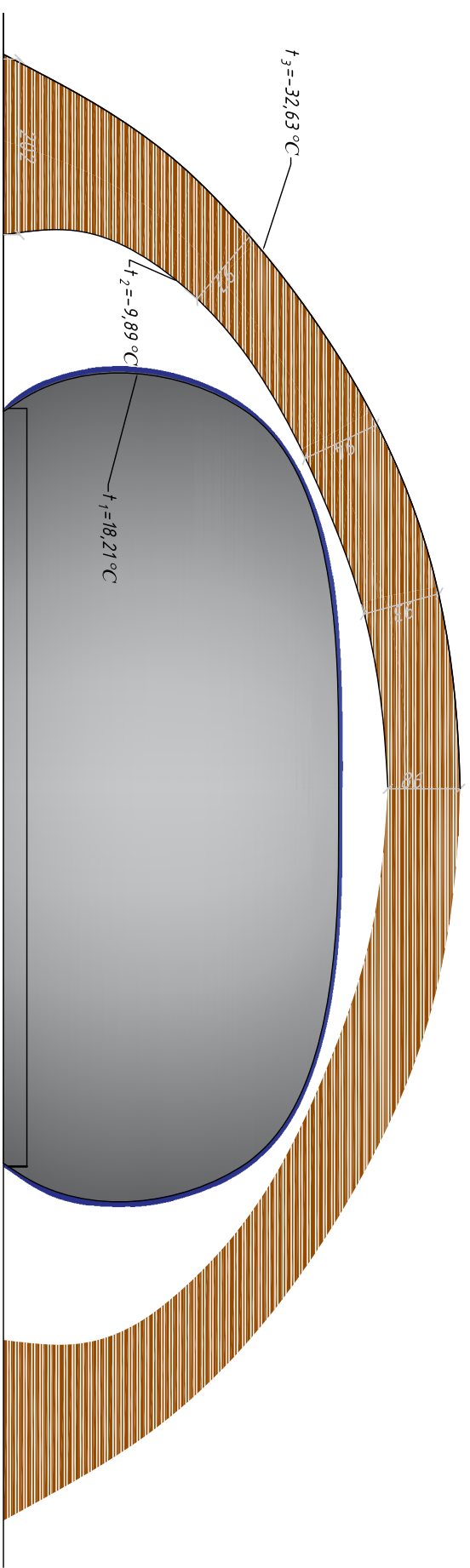
1. HASSELL + EOC one step closer to life on Mars URL: <https://www.eocengineers.com/fr/actualites/hassell--eoc-one-step-closer-to-life-on-mars->
2. Charles Q. Choi Mars: What we know about the Red Planet. URL: <https://www.space.com/47-mars-the-red-planet-fourth-planet-from-the-sun.html>
3. Martian Climate URL: <https://planetary-science.org/mars-research/martian-climate/>
4. Hargitai H. Mars climate zone map based on TES data. URL: <http://planetologia.elte.hu/mcdd/climatemaps.html>
5. Jeffrey Taylor G.. How Much Water is Inside Mars? URL: <http://www.psrc.hawaii.edu/July12/water-inside-Mars.html>
6. Температура ночью на марсе. Какая температура на Марсе? Пылевые бури и смерчи. URL: <https://uofa.ru/temperatura-nochyu-na-marse-kakaya-temperatura-na-marse-pylevye-buri-i/>
7. Марсіанський ґрунт URL: https://uk.upwiki.one/wiki/Martian_soil
8. Демидов Н.Э., Базилевский А.Т., Кузьмин Р.О.. Ґрунт Марса: разновидности, структура, состав, физические свойства, буримость и опасность для посадочных аппаратов 2015 г. Астрономический вестник, 2015, том 49, No 4, с. 243–261. URL: <https://docplayer.com/42028487-Grunt-marsa-raznovidnosti-struktura-sostav-fizicheskie-svoystva-burimost-i-opasnosti-dlya-posadochnyh-apparatov.html>
9. Catalfamo C., Bruno D. Colonna G., Laricchiuta A., and Capitelli M. High temperature Mars atmosphere. Part II: Transport properties URL: https://www.researchgate.net/publication/225448270_High_temperature_Mars_atmosphere_Part_II_Transport_properties
10. MOJAVE MARS SIMULANT URL: <https://www.themartiangarden.com/tech-specs>

11. Sielaff A.C. and Smith S.A.. Habitability of Mars: How Welcoming Are the Surface and Subsurface to Life on the Red Planet? URL: <https://www.mdpi.com/2076-3263/9/9/361/htm>
12. Zimanowski B.. Thermal conductivity of a volcanic rock material (olivine-melilitite) in the temperature range between 288 and 1470 K https://www.academia.edu/22125524/Thermal_conductivity_of_a_volcanic_rock_material_olivine_melilitite_in_the_temperature_range_between_288_and_1470_K
13. Степень черноты поверхности материалов (металлов, диэлектриков, стройматериалов, оксидов) URL: <http://thermalinfo.ru/eto-interesno/stepen-chernoty-poverhnosti-materialov-metallov-dielektrikov>
14. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). 1982. 416 с.
15. Cryogel X201 Ortam Sicakligi Alti ve Kriyojenik Uygulamalari için Esnek Endüstriyel Yalitim URL: <http://www.ayvazyalitim.com/urunler/4-cryogel-x201-ortam-sicakligi-alti-ve-kriyojenik-uygulamalari-icin-esnek-endustriyel-yalitim.html>
16. Будько А. Энергетическая система Международной космической станции URL: <https://habr.com/ru/users/atomlib/>

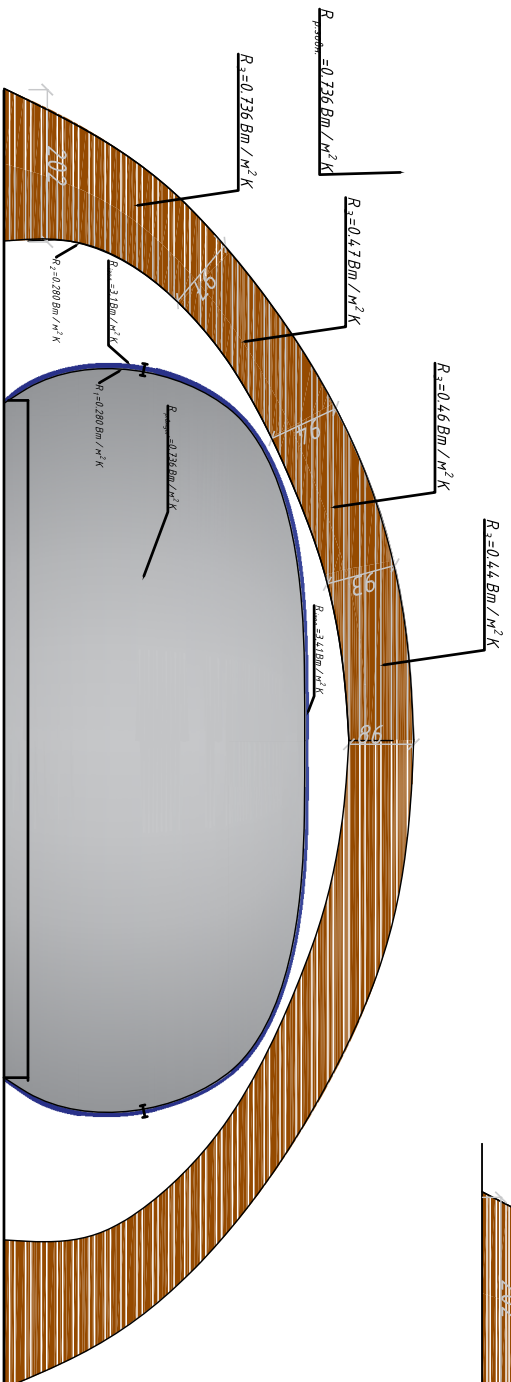


ФІЗИЧНІ РОЗМІРИ БУДІВЛІ В СМ

Символ	Значення	Опис
V	661м ³	Загальний об'єм сегмента по зовнішньому обміру
V	430м ³	Загальний об'єм сегмента по внутрішньому обміру
S	314м ²	Площа зовнішньої поверхні захисного купола
S	193,3м ²	Площа внутрішньої поверхні захисного купола
S	15,95м ²	Площі кожної частини по зовнішньому обміру, ч1
S	46,2м ²	Площі кожної частини по зовнішньому обміру, ч2
S	92,05м ²	Площі кожної частини по зовнішньому обміру, ч3
S	157,6м ²	Площі кожної частини по зовнішньому обміру, ч4



Температурний режим будівлі



Термічні опори будівлі

Замовник				Виконавець			
Зам.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Смадія	Аркуш
					2022		
Теплопостачання житлових будинків в екстремальних умовах						401-НТ.18191 Диплома робота	
						Национальний університет Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка	
Розробив	Кувальченко О.А.					Р	1
Перевірив	Кутиний Б.А.						3
Заб. Кафедри	Гойлік Ю.С.						

Погоджено:

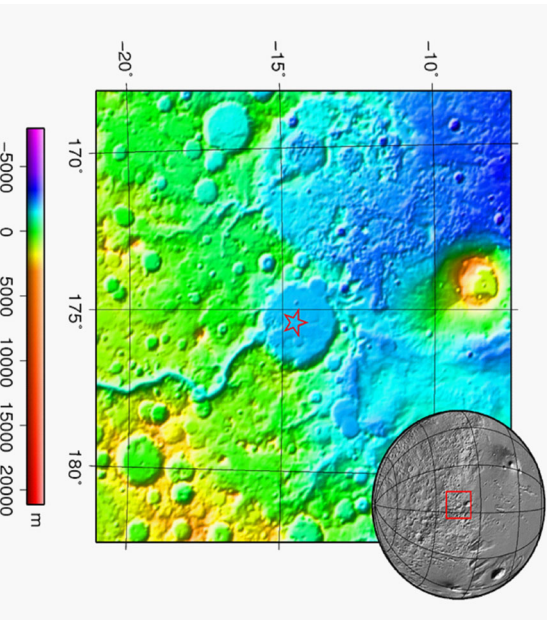
Інв. № ор.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Клімат Марса, 4.5°S, 137.49°E (2012-2015)

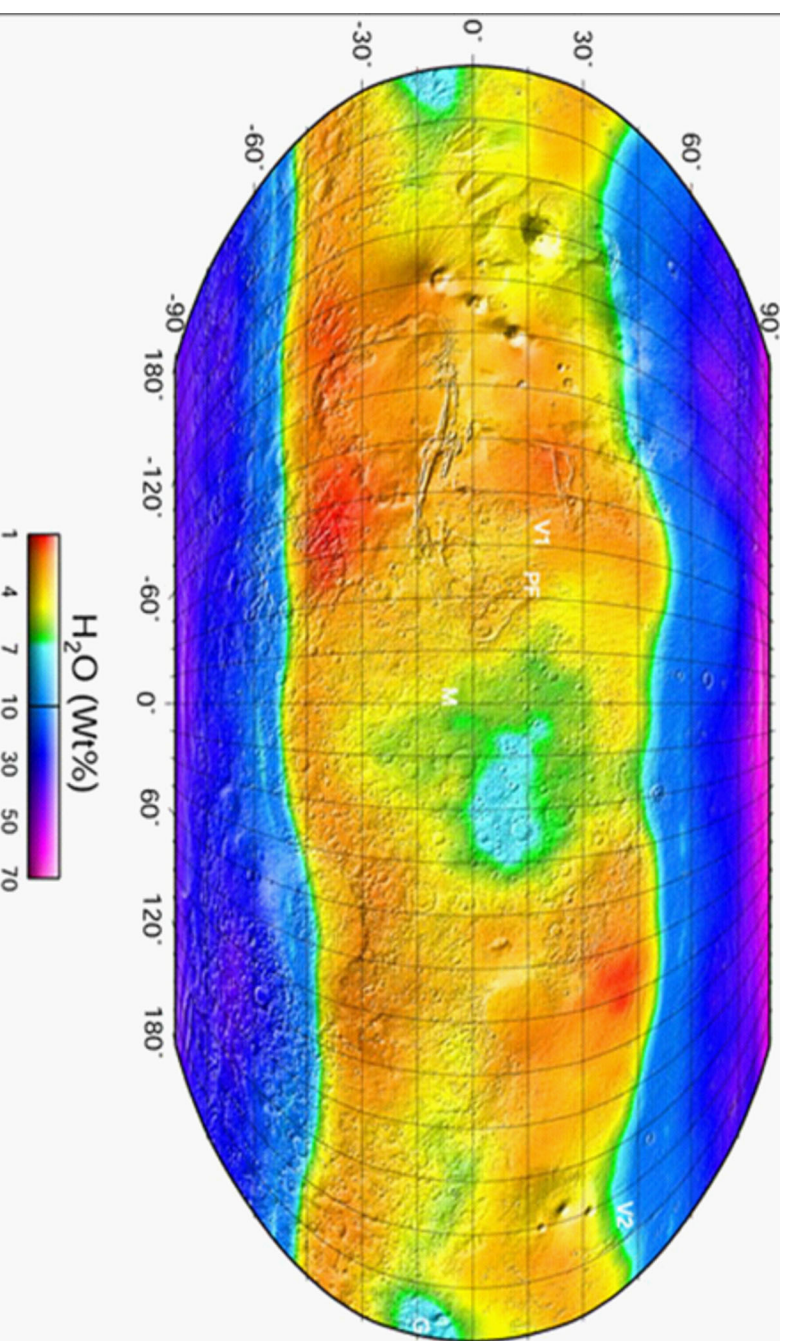
Показник	Січ.	Лют.	Берз.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Верес.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
Абсолютний максимум, °C	6	6	1	0	7	23	30	19	7	7	8	8	30
Середній максимум, °C	-7	-18	-23	-20	-4	0	2	1	1	4	-1	-3	-5,7
Середній мінімум, °C	-82	-86	-88	-87	-85	-78	-76	-69	-68	-73	-73	-77	-78,5
Абсолютний мінімум, °C	-95	-127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

Источник: [Сенко де А стобілово](#), [Глобальный пульт Марса](#), [Марсианской научной лаборатории](#)

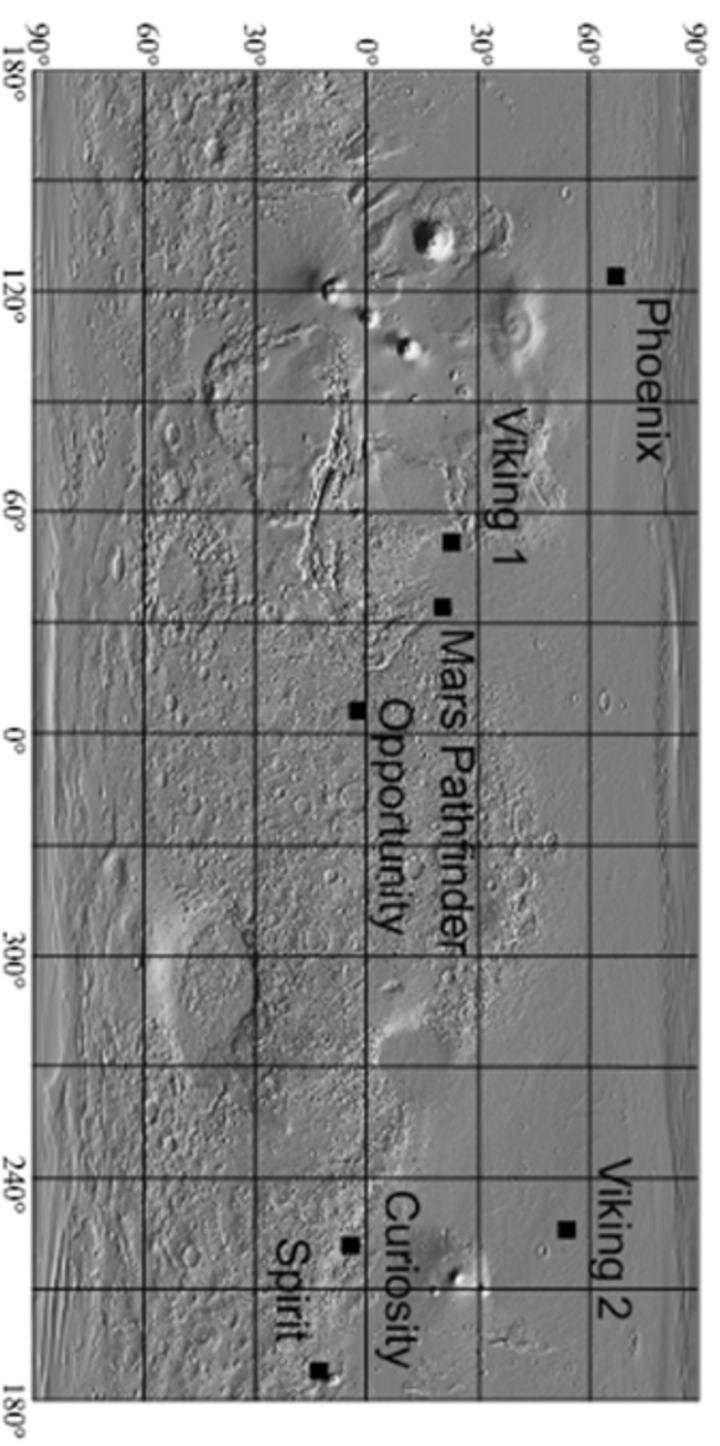
Температури повітря на Марсі



Місце
посадки
марсоходу
Spirit на мапі
Марсу



Карта концентрації H_2O у верхніх кількох десятках сантиметрів поверхні Марса, виміряна з орбіти гамма-спектрометром Mars Odyssey



Карта рельєфу Марса за даними лазерного альтиметра MOLA із зазначенням місць посадок космічних апаратів.

2022				401-НТ.18191 Дипломна робота		
Темлопостачання житлових будинків в екстремальних умовах				Стадія	Аркуш	Аркушів
Зм.	Кільк	Арк. № док.	Підпис	Дата	Р	2
Розробив	Курьяченко О.Д.				Національний університет Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка	
Перевірів	Кутний Б.А.					
Зав.Кафедри	Голік Ю.С.					

