

Національний лісотехнічний університет України
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут деревообробних та
комп'ютерних технологій і дизайну
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інформаційних технологій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка
до дипломної роботи

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему: Розроблення системи автоматизованого проектування «Розумний вазон» засобами SolidWorks Simulation/API

Виконав: студент VI курсу групи КН-6(м)
спеціальності

122 “Комп’ютерні науки”

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Стецюк О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Борецька І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 51 сторінки пояснювальної записки, 30 рисунків, 3 креслень, 2 додатки, 14 джерел.

Об'єкт дослідження – САПР розумного вазону, створена для детального аналізу її функціональності за допомогою SolidWorks Simulation.

Мета роботи – отримати досвід в проектуванні та дослідженні розумних вазонів, як одного із компонентів системи розумний дім за допомогою SolidWorks.

Предмет дослідження - параметри, що впливають на матеріалоемність компонентів розумного вазону.

Практичне значення отриманих результатів На базі отриманих результатів та рішень створено повноцінний продукт розумного вазону.

Ключові слова: система автоматизованого проектування, розумний горщик, arduino, метод скінчених елементів, датчик вологості.

SUMMARY

This work contains 51 pages of explanatory note, 30 pictures, 3 drawings, 2 appendix, 14 sources.

The object of research is CAD of a smart flowerpot, created for detailed analysis of its functionality with the help of SolidWorks Simulation.

The aim of the work is to gain experience in designing and researching smart flowerpots as one of the components of the smart home system with the help of SolidWorks.

The subject of research - the parameters that affect the material consumption of the components of a smart pot.

Practical significance of the obtained results On the basis of the obtained results and decisions a full-fledged product of a smart flowerpot was created.

Keywords: computer-aided design system, smart pot, arduino, finite element method, humidity sensor.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

За допомогою середовища Solid Works спроектувати:

- 3Д модель конструкції розумного вазону;

За допомогою модуля Simulation виконати:

- дослідження напружено деформований стан збірки розумного вазону, вказавши відповідні початкові та граничні умови

Підібрати апаратне забезпечення та написати до нього відповідне програмне забезпечення.

Результатом роботи повинно бути:

- спроектована збірка конструкції розумного вазону .
- визначені матеріали для основних компонентів розумного вазону
- зібрати усю конструкцію у єдине ціле
- виготовити робочий прототип

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

САПР – система автоматизованого проектування;

SW – SolidWorks;

ПЗ – програмне забезпечення;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

CAM – computer aided manufacturing (технології автоматизованого виробництва);

CAD – computer aided design (технології автоматизованого проектування);

CAE – computer aided engineering (технології автоматизованого конструювання)

МСЕ – метод скінчених елементів.

ЗМІСТ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	6
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ.....	12
1.1. Розумні вазони як частина системи розумного будинку	12
1.2. Тонкощі використання автополива	14
РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	16
2.1. Модуль Solidworks Simulation	16
2.2. Мова програмування Arduino	17
РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	19
3.1. Розрахунок тиску рідини на дно і стінки посудини.	19
3.2. Використання методу скінчених елементів у інженерних розрахунках	20
РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	25
4.1. Проектування збірки розумного вазону.....	25
4.2. Дослідження напружено-деформованого стану вазону.....	29
4.3. Компоненти та принципова схема	35
4.4. Збирання та налаштування прототипу розумного горщика	36
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ	42
5.1. Опис загальної ідеї проекту.....	42
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	43
5.3. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	44
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	46

ДОДАТКИ	47
А. Лістинг програм	47
Б. Складальні креслення	50

ВСТУП

Завданнями проектування та моделювання — є усунення можливих помилок і неточностей в процесі розробки та виготовлення нових виробів та конструкторської документації до них. Досягти цього можна шляхом використання комп'ютерного моделювання окремих деталей і їх взаємодії в збірці із проведенням відповідних досліджень. САПР SolidWorks містить усі складові для виконання такого роду задач.

При такому інтенсивному розвитку весь свій старається автоматизуватися, людина прагне зробити своє життя простішим за рахунок технологій. Так почали з'являтися системи Розумний будинок, спочатку вони обмежувалися звичайними вимикачами відповідно до запрограмованого часу. Технології не стояли на місці і почали керувати усім за допомогою голосових команд, наприклад Siri, Алиса та інші.

Таким чином кількість автоматизованих приладів, об'єктів у будинку постійно зростала, і от дійшла черга до розумних вазонів із автополивом. Ця потреба почала виникати, коли потрібно було забезпечити необхідний полив при довгій відсутності у будинку, наприклад відпустки. Розумний вазон передбачав автоматизовану систему поливу опираючись на дані датчика вологості і ПЗ, яке б зчитувало його дані і запускало процес поливу. Щоб реалізувати таку ідею потрібно розробити конструкцію, яка б давала змогу тримати резервуар із водою і сам вазон, при тому все мало б мати гарний та ергономічний вигляд. Саме цими правилами і ми керувалися у нашій роботі.

Таким чином поставили перед собою низку задач:

- Спроекувати конструкцію розумного вазону
- Дослідити та експериментальним шляхом підібрати матеріали для усіх компонентів збірки
- Визначити усе необхідне апаратне забезпечення
- Розробити відповідне ПЗ
- І звісно виготовити пробний прототип

Опираючись на список завдань, можна визначити об'єкт та мету нашої роботи.

Об'єкт дослідження – САПР розумного вазону, створена для детального аналізу її функціональності за допомогою SolidWorks Simulation.

Мета роботи – отримати досвід в проектуванні та дослідженні розумних вазонів, як одного із компонентів системи розумний дім за допомогою SolidWorks.

Предмет дослідження - параметри, що впливають на матеріалоемність компонентів розумного вазону.

Практичне значення отриманих результатів На базі отриманих результатів та рішень створено повноцінний продукт розумного вазону.

Новизною моєї роботи можна вважати поєднання геометричного і імітаційного моделювання із кінцевим виробництвом.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Розумні вазони як частина системи розумного будинку

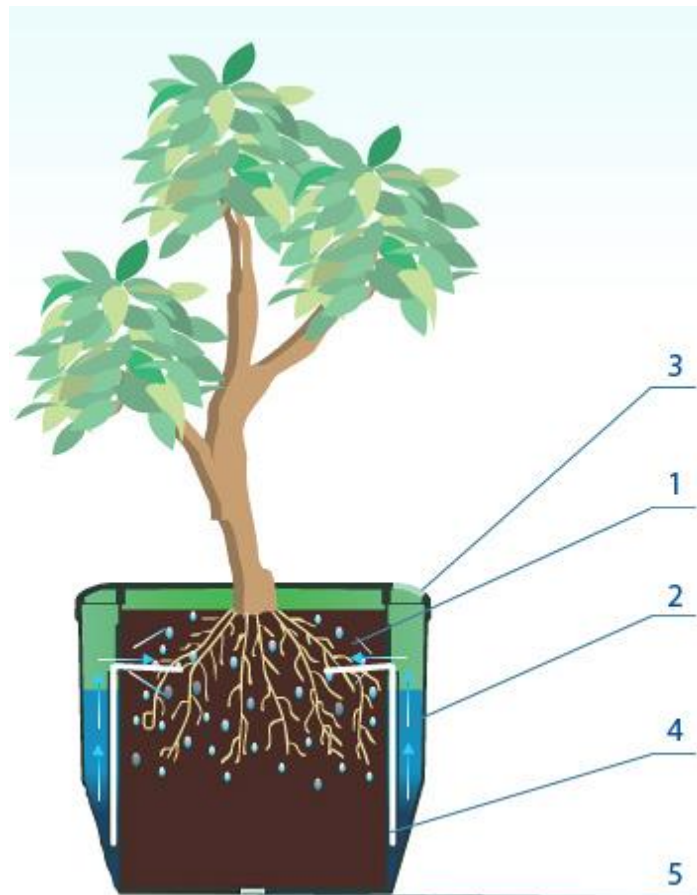


Рис.1.1. Загальна конструкція розумного вазону

1 - ємність для рослини і ґрунту

2 - ємність для води

3 - заливний отвір

4 - водоводи, через які вода надходить до рослини

5 - отвір-аератор, потрібно для подачі кисню до кореневої системи, а також для скидання надлишків води в разі перезволоження ґрунтового субстрату.

Напевно, кожен любитель кімнатних квітів стикався з ситуацією, коли необхідно терміново відлучитися з дому на кілька днів, а за рослинами доглянути

нікому. І тоді доводиться просити знайомих або родичів, щоб доглянули і забезпечили полив і догляд. З цією задачею цілком справиться розумний горщик, у вас не буде проблем з доглядом за квітами в будь-який час і в будь-якому місці.

Що таке «розумний горщик»? Таку назву отримали ємності для кімнатних квітів та інших рослин з системою автополиву.

Існує кілька видів, що відрізняються конструктивним рішенням:

- вазон з подвійним дном;
- комплекси для рослин із запрограмованим автополивом;
- смарт-горщик для квітів;
- музичний горщик.

Ємність з подвійним дном складається з горщика, в який садиться кімнатна рослина, і резервуара з водою. На дні горщика є отвори, через які вода насичується спеціальний субстрат (керамзит). Горщик поміщається в резервуар з водою. Таким чином, рослина вбирає стільки води, скільки йому необхідно. Такі резервуари обладнані спеціальними поплавками, які показують рівень води.

Винахідники на цьому не зупинилися і розробили систему автополиву, керовану комп'ютером. Програма налаштовується для кожної квітки. Картридж з рослиною має вбудований блок, який за сигналом з блоку управління управляє поливом. Така «розумна» система дозволяє звести догляд за квітами до мінімуму.



Рис.1.2. Приклади розумних вазонів

1.2. Тонкощі використання автополива

Після посадки рослини в подвійний вазон з резервуаром не слід відразу заливати воду. Спочатку полийте квітка традиційним способом, щоб весь ґрунт промок і просів. Це дозволить коріння безболісно пережити пересадку. Багато що залежить від відповідності розміру горщика розміром коренів.

Необхідно проводити верхній полив протягом двох-трьох місяців в наступних випадках:

- якщо ємність завелика;
- якщо пересадку в «розумний горщик» проводили напередодні осені або зими.

Після закінчення трьох місяців можна переходити на автополив. У жарку пору року воду заливають через два-три дні після пересадки.

На поплавці встановлені мітки: MAX і MIN. Воду заливають в резервуар до максимальної позначки через спеціальний отвір. Швидкість опускання поплавка залежить від багатьох факторів:

- від сезону;
- від температури і вологості в кімнаті;
- від стану кореневої системи;
- від того, як швидко квітка вбирає воду.

Після опускання поплавка до мінімальної позначки не потрібно поспішати з додаванням води в резервуар. Потрібен час, щоб земля просохла. Як визначити, що рослина потребує поливу? По-перше, нижня частина поплавця повинна бути сухою. По-друге, дерев'яна паличка, встромлена в ґрунт, повинна бути сухою, без налиплого ґрунту. Тепер можна заповнювати резервуар водою.

Якщо рослина повільно «випиває» воду, то можна заповнювати резервуар наполовину.

«Розумні горщики» для квітів не тільки мінімізують час, необхідний для догляду, але і дозволяють господарям залишати будинок, їхати у відпустку або відрядження, не переживаючи, що квіти пропадуть, засохнуть. Актуальними горщики з автополивом для офісів, де вихідні та святкові дні ставлять

виживаність квітів під загрозу. Система автополиву з блоком управління дозволить забезпечити полив рослин на дачі, навіть якщо ви рідко її відвідуєте. При виникненні проблем з квітами комп'ютер відправить вам повідомлення, що дозволяє вчасно виправити ситуацію і при кожному відвідуванні дачі милуватися доглянутим зеленим квітником.

Якщо у вас немає часу або бажання доглядати за рослинами, але ви хочете їх мати в будинку, то **автоматизований горщик або розумний горщик** - це одне з рішень проблеми.



У практичному сенсі радують можливість спокійно залишати рослина на місяць, якраз корисно на період канікул або відпустки, і перегляд інформації про всі горщиках РОТ в одній програмі.

РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1. Модуль SolidWorks Simulation

Наведемо основні типи аналізів, які нам пропонує модуль Simulation:

- Статичний лінійний аналіз на міцність («static»):

Використовується для обчислення переміщень, деформацій, напружень та сил реакцій від закріплень залежно від прикладеного навантаження.

Аналіз статичний, оскільки передбачається, що це навантаження прикладаються дуже повільно, поки не досягнуть свого заданого значення, після цього навантаження залишається незмінною.

З цього припущення випливає, що впливом сил інерції та демпфування (демпфування – це незворотний процес поглинання енергії обсягом матеріалу, ця енергія може йти на нагрівання або руйнування) нехтують за малих прискорень і швидкостей переміщення елементів деталі.

Аналіз лінійний, оскільки передбачається, що: залежність переміщень від прикладених навантажень – лінійна, тобто. при збільшенні навантаження в 2 рази переміщення, а також деформації та напруги збільшаться також.

При цьому всі матеріали передбачаються лінійними (залежність напружень від деформацій – лінійна)

- у властивостях матеріалу вказуються модуль пружності, причому постійний;
- переміщення, викликані прикладеними навантаженнями, досить малі, що дозволяє не враховувати зміну жорсткості деталі (конструкції) в результаті навантаження;
- граничні умови не змінюються в результаті застосування навантаження (у першому черга умови контакту), а також прикладені навантаження постійні як за величиною, і напрямі, тобто. не змінюють напрями через деформацію деталі.

Використання опції "великі переміщення" в налаштуваннях властивостей розрахунку дозволяє використовувати лінійний тип аналізу, якщо у конструкції

виникають великі переміщення. Поняття «великі» у разі досить умовне, але з завдань розрахунку деталей, що використовуються в машинобудуванні, можна прийняти, що великі переміщення це понад 1 мм.

- нелінійний аналіз: У цьому типі аналізу враховується нелінійна поведінка матеріалу та конструкції, що розраховується. Використовується в тих випадках, коли припущення про лінійність некоректні:

- нелінійна поведінка матеріалу

- коли напруга досягає або перевищує межа плинності; умови контакту (для елементів збирання) змінюються у процесі розрахунку, тобто. вихід з контакту чи навпаки – поява дотику елементів;

- прикладені навантаження викликають великі переміщення (не деформації, а саме переміщення, деформації можуть бути і невеликими), при цьому напрямок дії сил може суттєво змінюватися;

У статичному нелінійному аналізі не враховуються динамічні ефекти, такі як інерція деталей та демпфування. Демпфування коливань - придушення коливань механічних, електричних та ін систем. Демпфування може здійснюватися рахунок збільшення згасання, навіщо на системі встановлюються демпфери (наприклад, поршні, що рухаються у в'язкому середовищі). Демпфування зменшує амплітуду коливань у системі.

- аналіз власних коливань («частота»): Цей аналіз дозволяє досліджувати резонансні частоти та форми коливань деталі.

2.2. Мова програмування Arduino

Arduino — апаратна обчислювальна платформа для конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки типу Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною мов C та C++.

Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад:, Adobe Flash, Max/MSP, Data, SuperCollider).

Інформація про плату знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто воліє створювати плати власноруч.

На основі Arduino розробляють навчальні прилади, роботи, системи спостереження і безпеки, аналоги систем типу «розумний дім», цифровий кодовий замок, дистанційний пульт для керування побутовими пристроями, систему для автоматичного поливання квітів і т.п.

Arduino складається з мікроконтролера Atmel, а також елементів обв'язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. На багатьох платах наявний лінійний стабілізатор напруги +5В або +3,3В. Тактування здійснюється на частоті 84, 16 або 8 МГц кварцовим резонатором. У мікроконтролер записаний завантажувач (bootloader), тому зовнішній програматор не потрібен.

Усі плати програмуються через через USB, що можливо завдяки мікросхемі конвертера USB-to-Serial. У версії платформи Arduino UNO в якості конвертера використовується контролер Atmega16U2 у SMD-корпусі. Дане рішення дозволяє програмувати конвертер таким чином, щоб платформа відразу розпізнавалася, як миша, джойстик чи інший пристрій за вибором розробника зі всіма необхідними додатковими сигналами керування.

Плати Arduino дозволяють використовувати значну кількість I/O виводів мікроконтролера у зовнішніх схемах. Наприклад, у платі Arduino UNO доступно 14 цифрових входів/виходів, 6 із яких можуть видавати PWM сигнал, і 6 аналогових входів. Ці сигнали доступні на платі через контактні площадки або штирьові роз'єми. Також існує багато видів зовнішніх плат розширення, які називаються "shields" ("щити"), які приєднуються до плати Arduino через штирьові роз'єми.

Інтегроване середовище розробки Arduino це багатоплатформовий додаток на Java, що включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату. Середовище розробки засноване на мові програмування Processing та спроектована для програмування новачками, не знайомими близько з розробкою програмного забезпечення. Мова програмування аналогічна мові Wiring. Строго

кажучи, це C ++, доповнений деякими бібліотеками. Програми обробляються за допомогою препроцесора, а потім компілюється за допомогою AVR-GCC.

РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1. Розрахунок тиску рідини на дно і стінки посудини.

Розглянемо тиск рідини на дно посудини з вертикальними стінками.

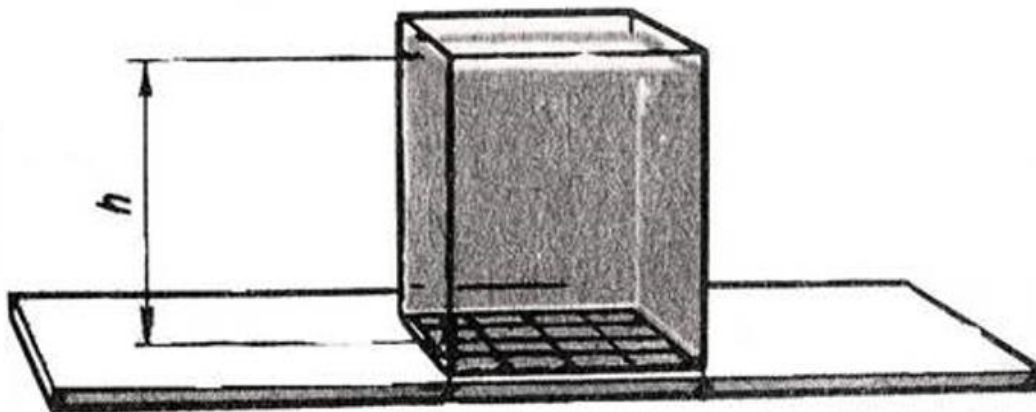


Рис.3.1. Висота контейнера із водою

У такій посудині вага всієї рідини припадає тільки на дно посудини, тому що на стінки посудини рідина тисне із силою, напрямленою горизонтально. Вагу рідини можна визначити, знаючи її масу. Маса, як відомо, обчислюється за об'ємом і густиною. Об'єм рідини, налитої в обрану нами посудину, легко обчислити, позначивши висоту стовпа рідини в посудині буквою h , а площу дна посудини S .

$$V = S \cdot h$$

Маса рідини $m = \rho \cdot V$, або $m = \rho \cdot S \cdot h$

Вага цієї рідини $P = g \cdot m$, або $P = g \cdot \rho \cdot S \cdot h$

Оскільки вага рідини рівна силі, з якою рідина тисне на дно самої посудини, то, поділивши вагу на площу, визначимо тиск рідини.

$$p = \frac{P}{S}, \text{ або } p = \frac{g \cdot \rho \cdot S \cdot h}{S}$$

$$p = g \cdot \rho \cdot h$$

Ми звели формулу для визначення тиску рідини, що діє на дно посудини. З цієї формули ми бачимо, що тиск рідини на дно посудини залежить тільки від густини і висоти стовпа рідини. За нею можна обчислити й тиск на стінки посудини, а також тиск всередині рідини, в тому числі тиск знизу вгору, оскільки він на тій самій глибині однаковий в усіх напрямках.

3.2. Використання методу скінчених елементів у інженерних розрахунках

Основний вид розрахунків, що виконуються – це розрахунки деталей на міцність. Також існують завдання на визначення власних частот і форм коливань деталей, наприклад, при розрахунку демпфера крутильних коливань колінчастого валу, визначення температури деталей. Метою розрахунків на міцність є визначення напружено – деформованого стану в деталях від дії робочих навантажень - силових чи теплових.

Джерелом силових навантажень є тиск газів та сили інерції рухомих частин. Джерелом теплових навантажень - нерівномірне нагрівання деталей.

Розрахунок деталей можна проводити аналітично – за допомогою формул з курсу опору матеріалів, або з допомогою чисельних методів, одним з яких і є метод кінцевих елементів (МКЕ). Численні методи застосовують для деталей складної форми, для яких неможливо знайти рішення аналітично.

Безпосередньо перед проведенням розрахунку з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ) необхідно побудувати тривимірну модель деталі (або 3D модель) у будь-якій САД системі.

У САД програмах можна будувати точки, лінії, поверхні, всілякі плоскі контури, основне призначення – це побудова об'ємних тіл (або твердих тіл), тому побудова 3D моделей називається об'ємним або твердотільним моделюванням.

Насправді, всі фізичні величини змінюються безперервно – зміна температури в нагрітому тілі, зміна напруги в деталі під дією сил і т.д.

Основна ідея методу кінцевих елементів (МКЕ) у тому, що будь-яка безперервна величина (температура, тиск, переміщення, напруга в обсязі деталі) апроксимується дискретною величиною (або замінюється наближеною) дискретною величиною), тобто. поле безперервної величини – замінюється полем дискретної величини.

У МКЕ поле дискретної величини є безліч шматково безперервних функцій, визначених кінцевому числі підобластей, тобто. кінцевому кількості елементів - звідси і назва методу.

Шматково-неперервна функція [sectionally, piecewise continuous function] - функція, безперервна у всіх точках відрізка, на якому вона визначена, винятком кінцевого числа точок (званих точками розриву 1-го роду). [Якщо обидва односторонні межі існують і кінцеві, але хоча б один з них відмінний від значення функції в даній точці, то таку точку називають точкою розриву першого роду.] або Точка x_0 називається точкою розриву функції $f(x)$, якщо $f(x)$ не визначена в точці x_0 або не є безперервною в цій точці. Крапка x_0 називається точкою розриву 1-го роду, якщо у цій точці функція $f(x)$ має кінцеві, але не рівні один одному лівий та праві межі.

$$\lim_{x \rightarrow x_0+0} f(x) \neq \lim_{x \rightarrow x_0-0} f(x)$$

Для виконання умов цього визначення не потрібно, щоб функція була визначена в точці $x = x_0$, достатньо того, що вона визначена зліва та праворуч від неї.

З визначення можна дійти невтішного висновку, що у точці розриву 1 – го роду функція може мати лише кінцевий стрибок.

Алгоритм побудови дискретної моделі безперервної величини, що вивчається полягає в наступному:

Перший крок - це створення сітки кінцевих елементів (КЕ), що заповнює весь об'єм деталі. Вся деталь розбивається на велику кількість елементарних

об'ємів певної форми (тетраedr, шестигранник). Таким чином, деталь замінюється сукупністю кінцевих елементів або, інакше кажучи, просторової форми (або об'єм) деталі апроксимується набором кінцевих елементів. Інакше кажучи - безперервна область простору замінюється набором (сукупністю) дискретних областей (кінцевих елементів) – це називається дискретизація простору. Передбачається, що елементи пов'язані між собою у вузлових точках, розташованих на їх межах. Невідомими є переміщення цих вузлових точок.

Другий крок – у відповідність із заданими навантаженнями та закріпленнями деталі знаходяться значення шуканої величини (наприклад, напруги) у вузлах кінцевих елементів.

Третій крок - безперервну величину (наприклад, напруга) апроксимують у межах кожного елемента поліномом, коефіцієнти якого розраховують на підставі значень цієї величини у вузлах. Кожен елемент апроксимують своїм поліномом, а коефіцієнти поліномів підбирають таким чином, щоб значення величини (напруги) межі сусідніх елементів були якомога ближче.

Вся розрахункова деталь розбивається на велику кількість елементів і у відповідність до заданими граничними умовами (навантаження та закріплення) знаходяться напруги, деформації та переміщення у кожній точці моделі, тобто. отримують розподіл цікавої величини (температури, напружень, деформацій, переміщень та ін.) деталі.

Сьогодні всі розрахунки на міцність методом кінцевих елементів проводять з використанням комп'ютерних програм - САЕ програми, які умовно можна розділити по сферах застосування – для інженерних розрахунків та для дослідних задач.

Для інженерних розрахунків використовують такі програми як Pro/Mechanica (модуль Pro/Engineer), SolidWorks Simulation (модуль Solid Works) та ANSYS Workbench (підтримує зв'язок із програмою Pro/Engineer, тобто дозволяє автоматично переводити геометрію моделі у модуль розрахунку). З їхньою допомогою можна виконувати нескладні розрахунки на міцність. У таблиці нижче зведемо їхні переваги та недоліки.

Переваги	Недоліки
<p>1. Вбудовані у програми 3-х мірного моделювання, що дозволяє швидко готувати розрахункову модель. Також завдяки цьому в деяких із них є можливість виконувати автоматичну оптимізацію деталі, наприклад, задаючи розміри деталі, які можна змінювати в встановлених межах, програма підбере такі їх значення, щоб забезпечити мінімальну масу деталі, але так щоб максимальна напруга не перевищували задану величину. 2. Мають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.</p>	<p>1. Обмежений набір типів кінцевих елементів. 2. Обмежений набір моделей поведінки матеріалу. 3. Немає можливості вирішувати багатодисциплінарні завдання, наприклад, одночасно міцність та рух рідини.</p>

Незважаючи на обмеженість можливостей перерахованих програм, їх тим не менш достатньо для завдань, що постають перед інженером-конструктором - розрахунок на міцність валів, корпусних деталей різної складності, кронштейнів кріплення та ін. Такі програми добре підійдуть для виконання розрахунків у дослідницьких розділах дипломних та магістерських робіт.

Для серйозніших дослідницьких завдань використовують - ANSYS, ABAQUS, MSC NASTRAN і т.д. Вони дозволяють виконувати розрахунки на міцність підвищеної складності.

Також наведемо таблицю їхніх переваг та недоліків.

Переваги	Недоліки
<p>1. Мають велику кількість типів кінцевих елементів (КЕ)</p> <p>2. Мають велику кількість моделей поведінки матеріалів (з зміцненням, з руйнуванням тощо).</p> <p>3. Дозволяють вирішувати багатодисциплінарні задачі.</p> <p>4. Дозволяють вирішувати складні завдання з динамічним навантаженням та великими деформаціями (удар)</p>	<p>1. Підготовка моделі до розрахунку займає багато часу.</p> <p>2. Не завжди зрозумілий інтерфейс, важкий для освоєння</p>

Розподіл розрахункових програм для цієї категорії досить умовно, т.к. в зараз, програми для інженерних розрахунків (додатки до різних CAD системам) дедалі більше збільшують свій функціонал, наприклад, у ANSYS Workbench є можливість розраховувати складні динамічні завдання з великими деформаціями матеріалу, наприклад, падіння на жорстку основу зварної рами, в результаті можна побачити весь процес деформування. В даному курсі ви вивчатимемо програму для інженерних розрахунків SolidWorks Simulation, яка є програмою SolidWorks.

РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1. Проектування збірки розумного вазону

На основі отриманих даних із літературних джерел, зображень у просторах інтернету, аналізу статей по даній темі, мною була змодельована 3Д модель розумного вазону, яка є об'єктом моєї дипломної роботи. Для цього було використано функціональність та інструментарій такого САПР, як SolidWorks 2018. Фінальну збірку спроектованого розумного вазону представлено на (рис. 4.1)

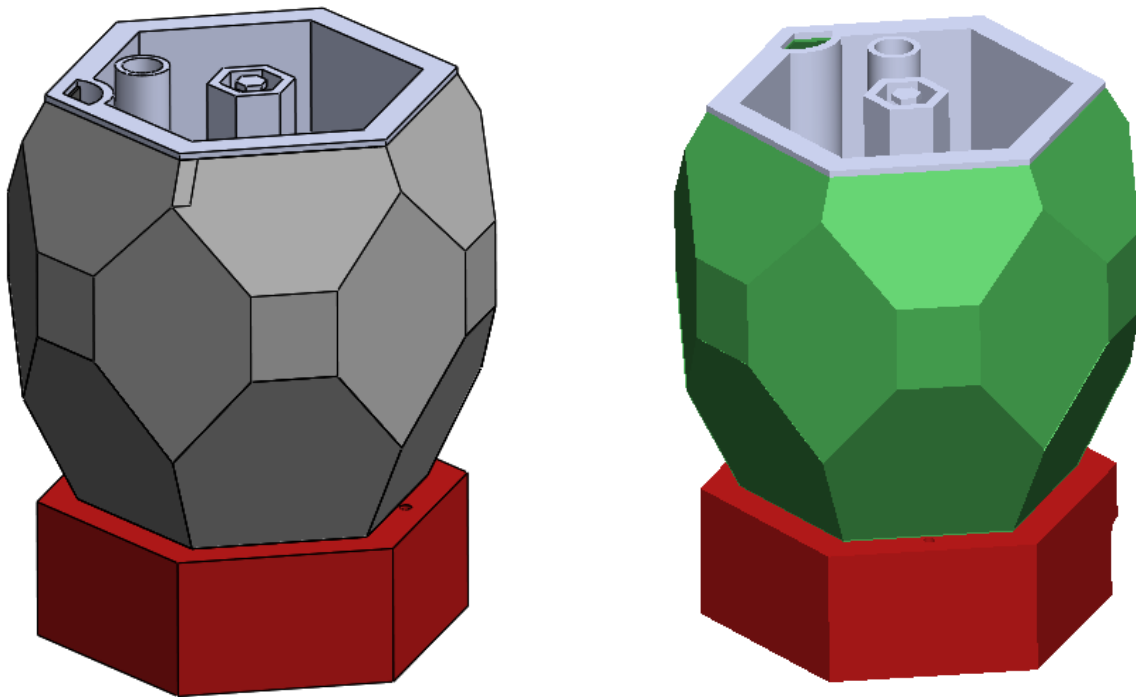


Рис. 4.1. 3Д модель розумного вазона у SolidWorks

Покажемо збірку у розібраному стані та у січені, що зображено на рис. 4.2.

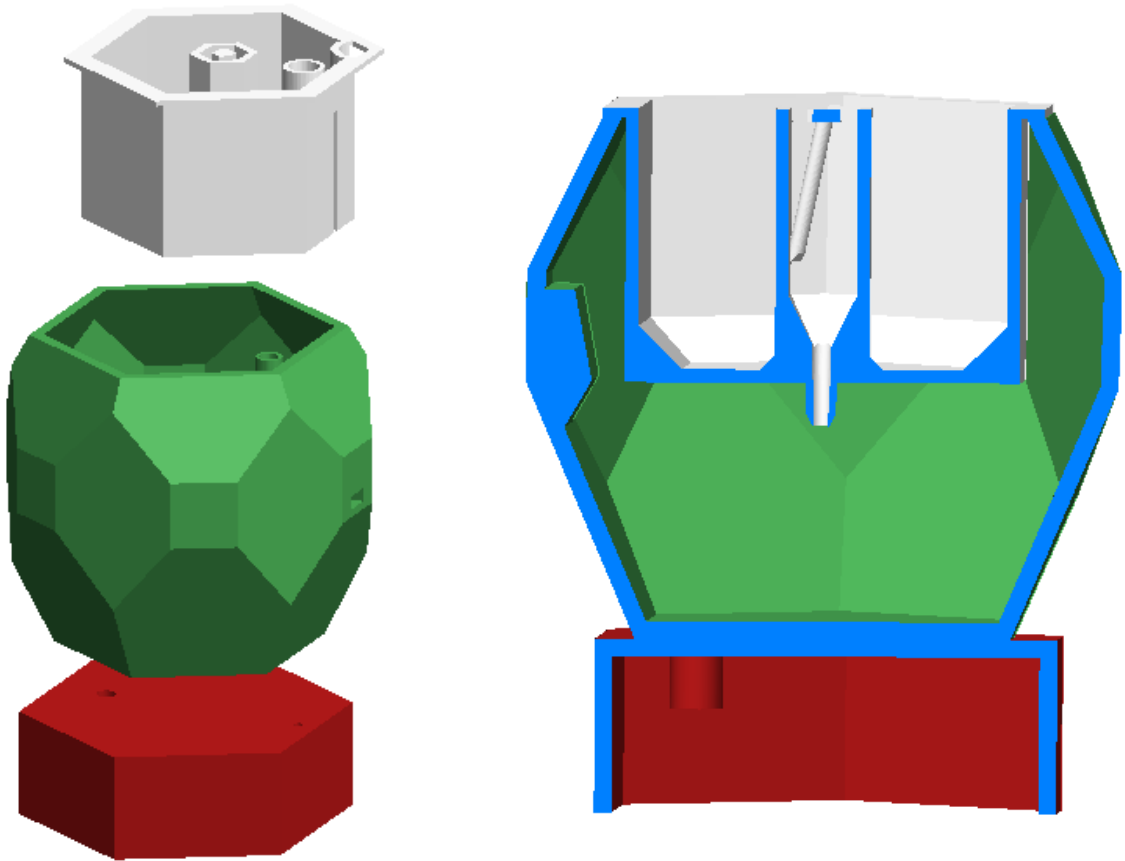


Рис. 4.2. Вигляд розібраної збірки та у січнні

Визначимо, що у якій області буде розташовано(рис.4.3.)

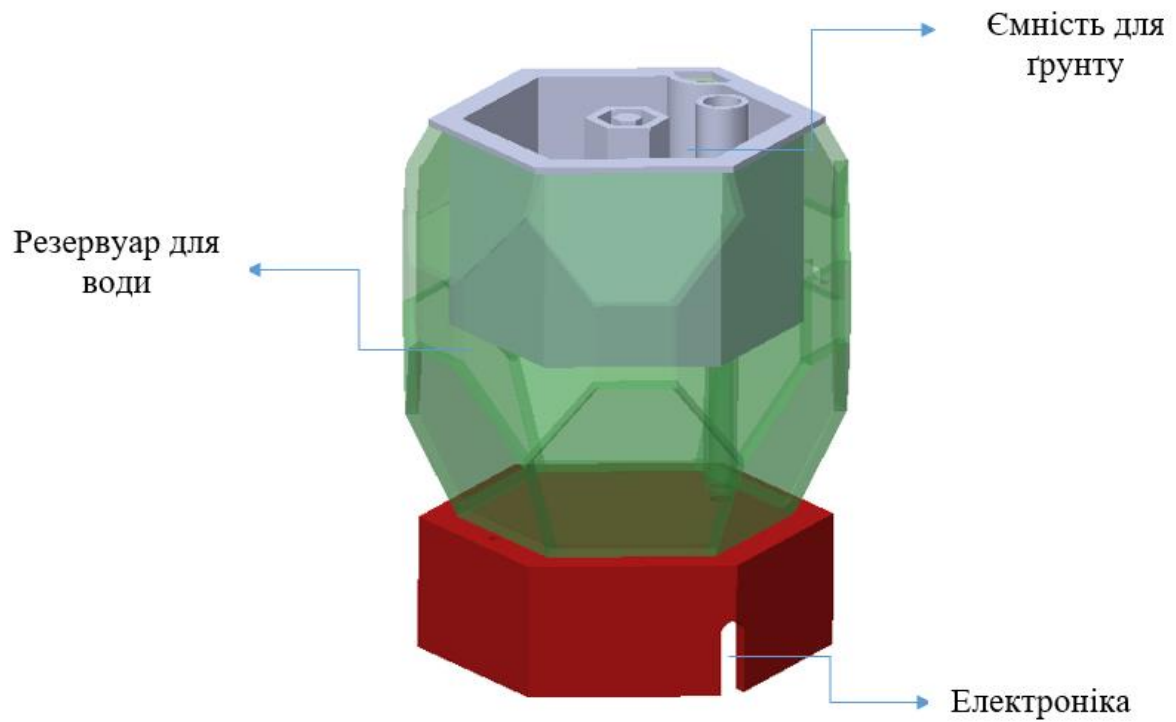


Рис.4.3. Секції розумного вазону

Дана збірка складається з трьох деталей:

- основа
- зовнішня оболонка
- внутрішня оболонка

«**Основа**» являє собою пластиковий корпус із розміщеними кріпленнями для плати та виводу необхідних кабелів (рис. 4.4)

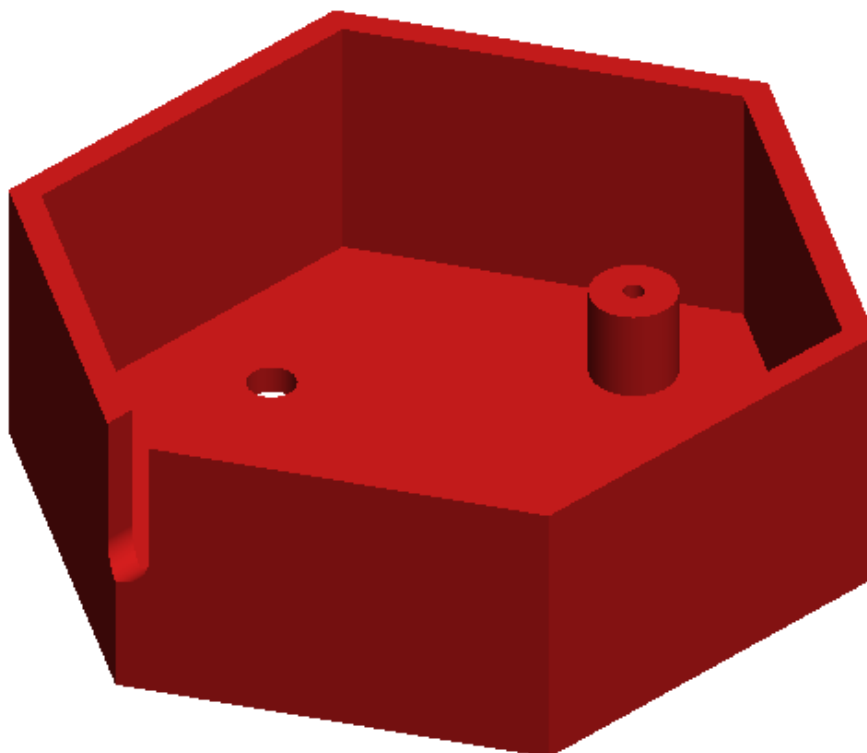


Рис. 4.4. 3Д модель основи

«**Зовнішня оболонка**» виконує роль резервуару для води та місця розміщення погрузного насосу, який подаватиме воду безпосередньо до ґрунту в залежності від рівня його вологості. Дану деталь зображено на рис. 4.5.



Рис. 4.5. Зовнішня оболонка(резервуар)

«Внутрішня оболонка» служитиме саме контейнером у якому розміщуватиметься рослина та у який буде подаватися вода та розміщуватиметься датчик вологості , деталь показано на рис. 4.6.

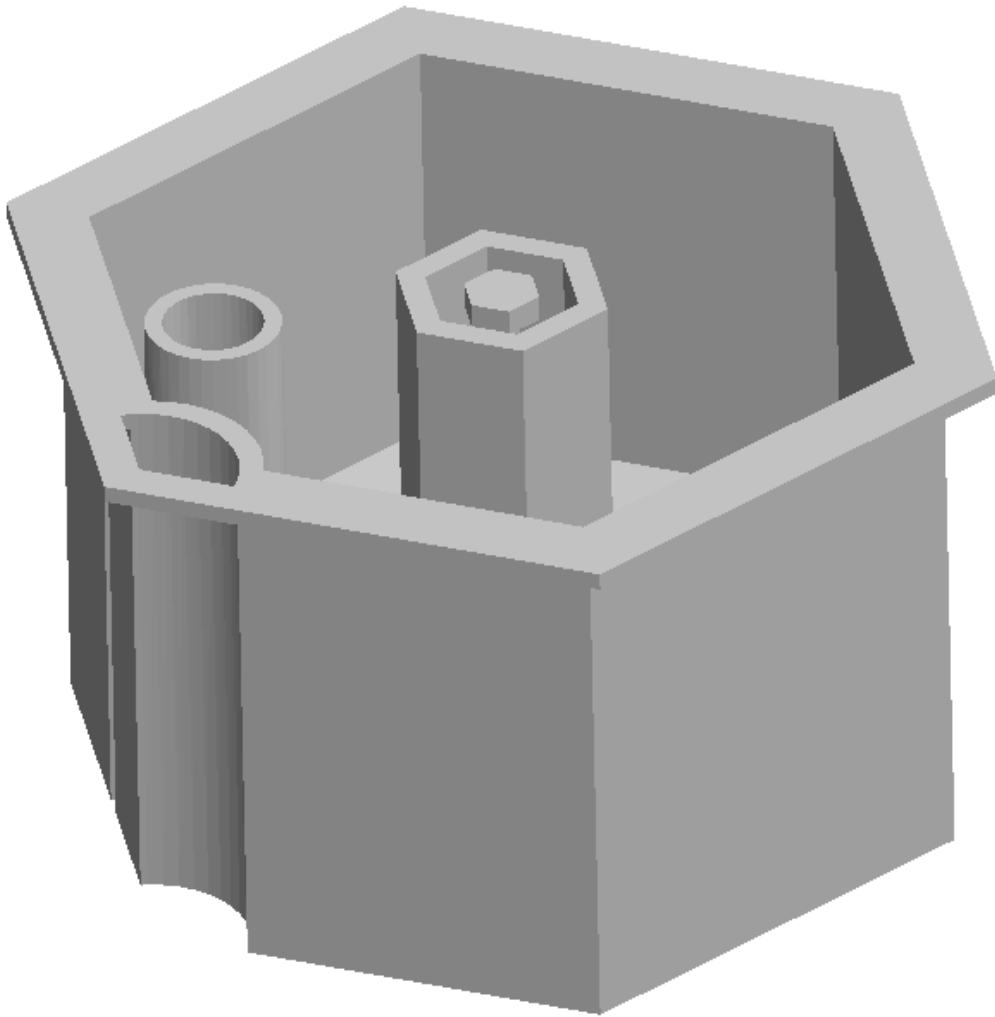


Рис. 4.6. Деталь «Внутрішня оболонка»

Аналізуючи даний розділ ми бачимо, що спроектовано конструкцію розумного вазону для подальшого дослідження параметрів погрузного насосу та траєкторії руху водяних потоків.

4.2. Дослідження напружено-деформованого стану вазону

Перед початком будь-якого аналізу потрібно визначити усі початкові та граничні умови дослідження. Насамперед потрібно визначитися із матеріалами усієї збірки, в нашому випадку це буде Nylon 101 пластик(рис.4.7.)

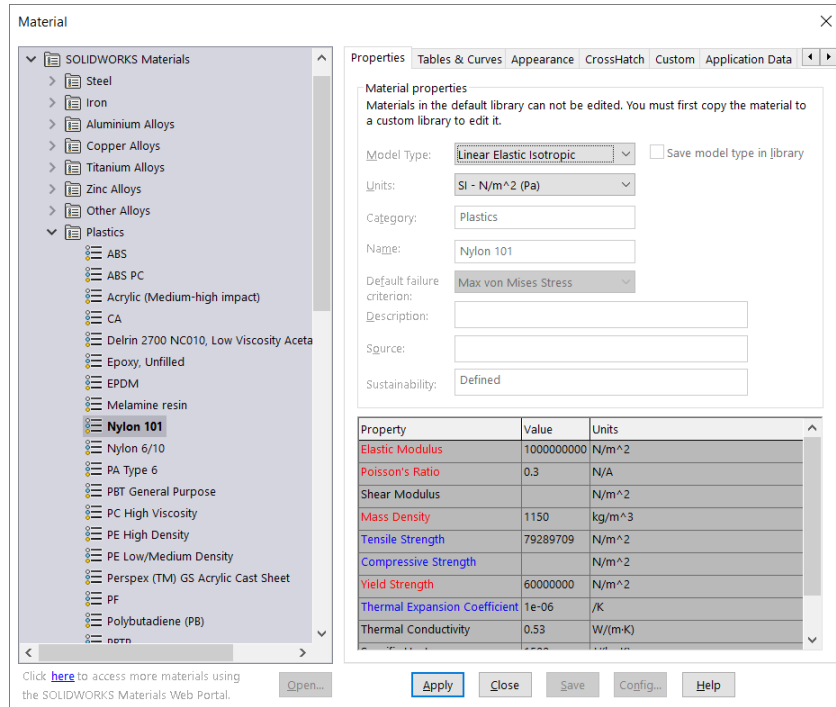


Рис.4.7. Фізико – механічні властивості ABS пластику

Фіксуємо нашу модель у просторі, для цього потрібно закріпити основу у якій буде розміщена електроніка, а усі інші компоненти будуть працювати на основі взаємозв'язків між ними(рис.4.8.)

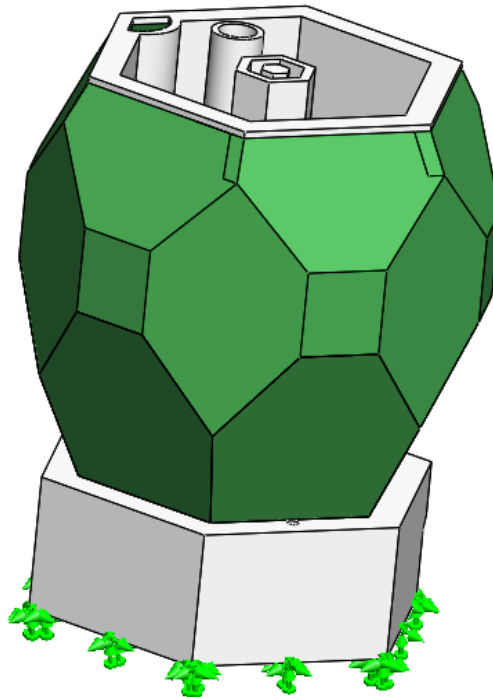


Рис.4.8. Фіксування моделі у просторі

Переходимо до визначення навантажень, які будуть виникати у нашій збірці,, а саме тиск води на стінки резервуара для води(рис.4.9) і маса ґрунту із рослиною на контейнер під неї(рис.4.10)

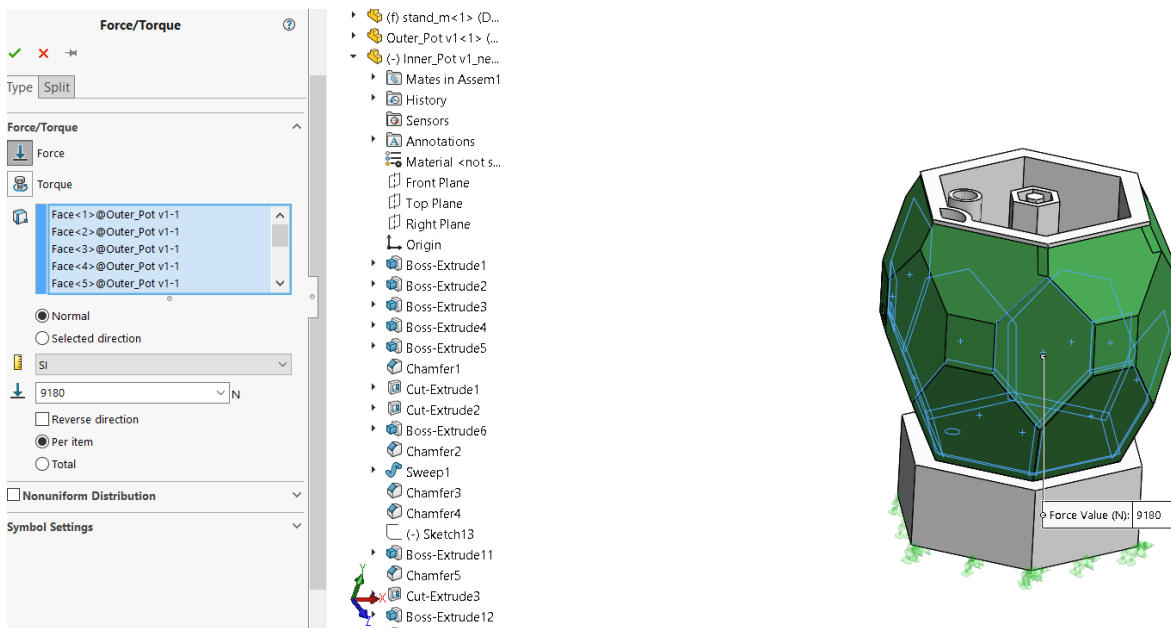


Рис.4.9. Встановлення тиску води на стінки та на дно резервуара для води

Припустимо, що маса ґрунту та самої рослини становить 200 грам відповідно прикладемо таке значення до нижньої стінки контейнера для ґрунту.

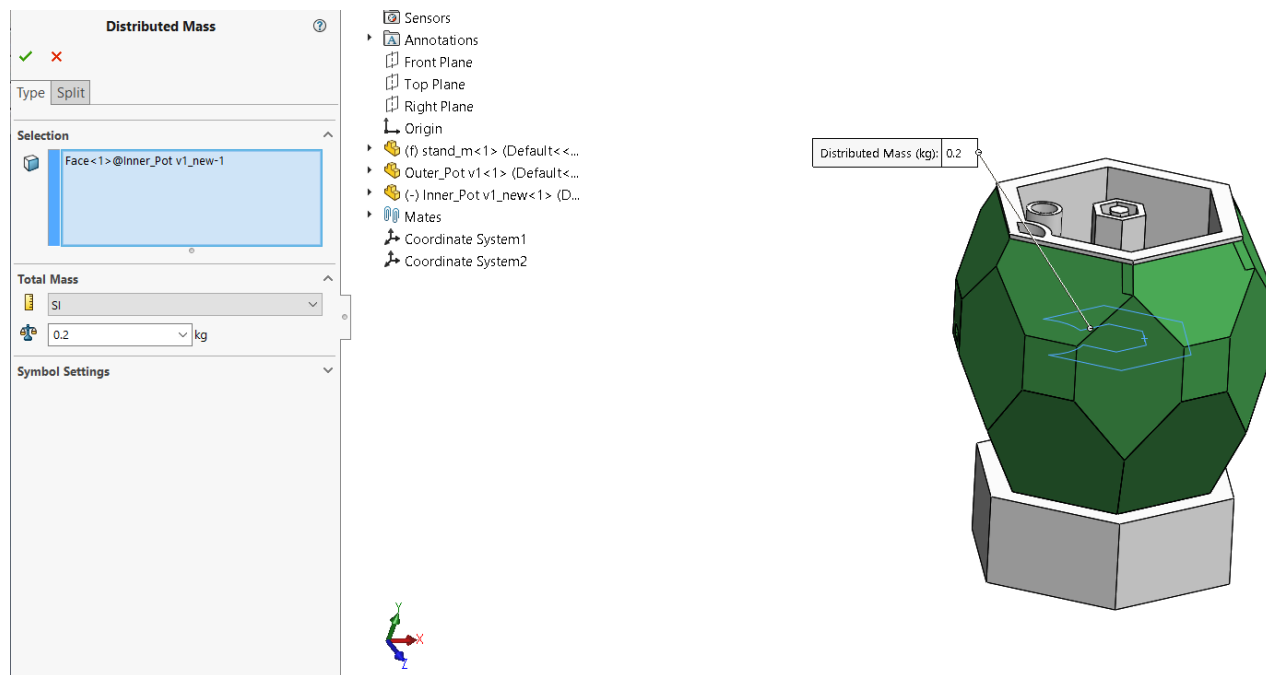


Рис.4.10. Дія маси ґрунту та рослини

Визначимо, що дослідження відбувається на планеті Земля, для визначимо силу земного тяжіння(рис.4.11)

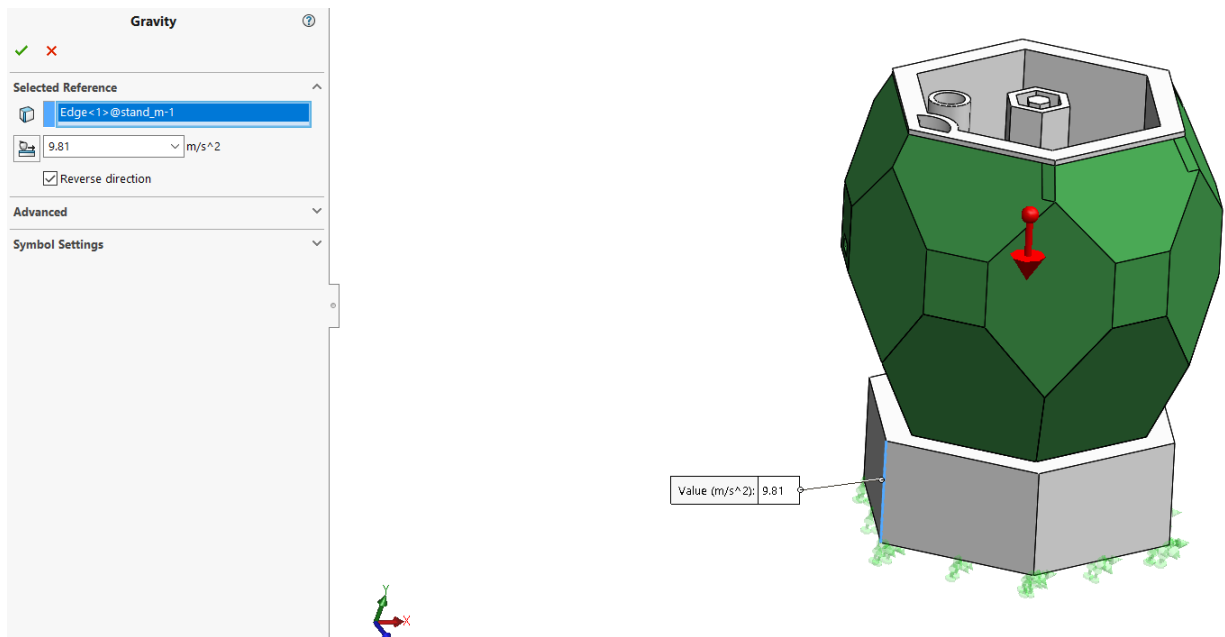


Рис.4.11. Сила земного тяжіння

Переходимо до формування розрахункової сітки на основі методу скінчених елементів (рис.4.13), але так як це збірка потрібно переконатися чи не присутне пересічення між гранями усіх її компонентів, виконати можна це виконавши відповідну функцію Interference Detection (рис.4.12)

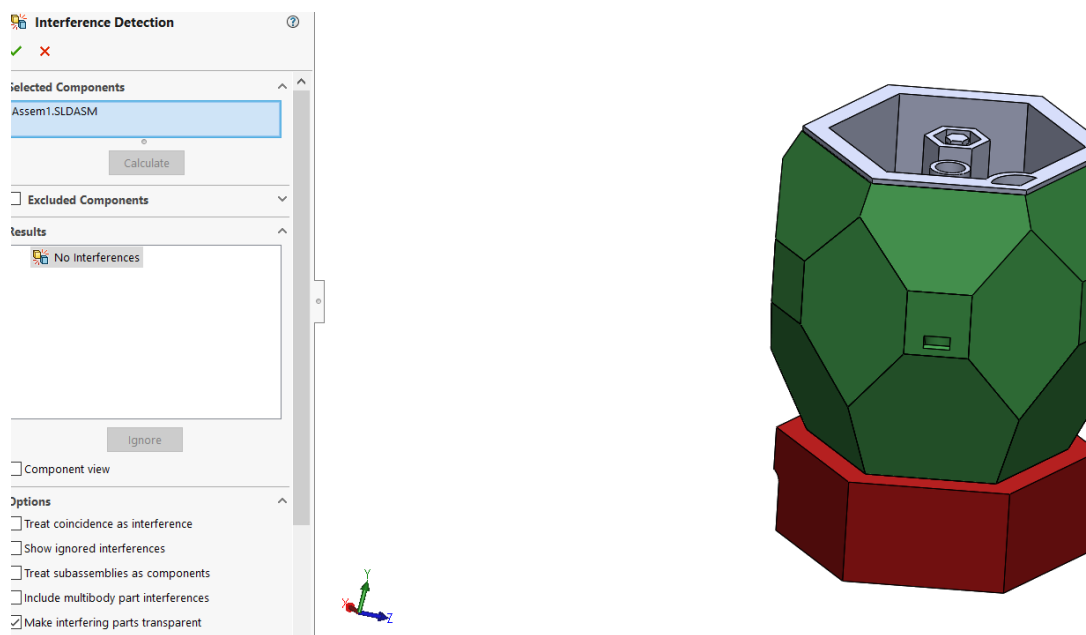


Рис.4.12. Перевірка на місця пересічення граней компонентів

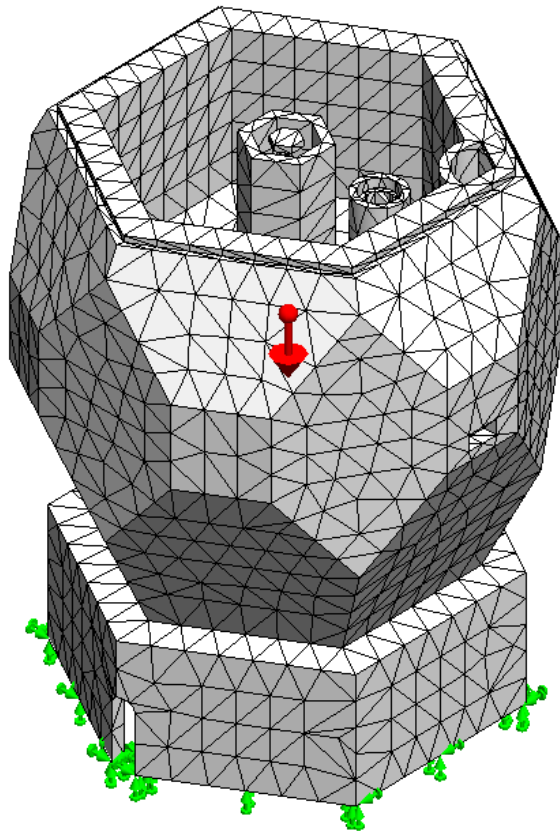


Рис.4.13. Розрахункова сітка

Після вдалого аналізу ми отримаємо результати переміщень, напружень по Мізесу та сформуємо коефіцієнт запасу міцності(FOS).

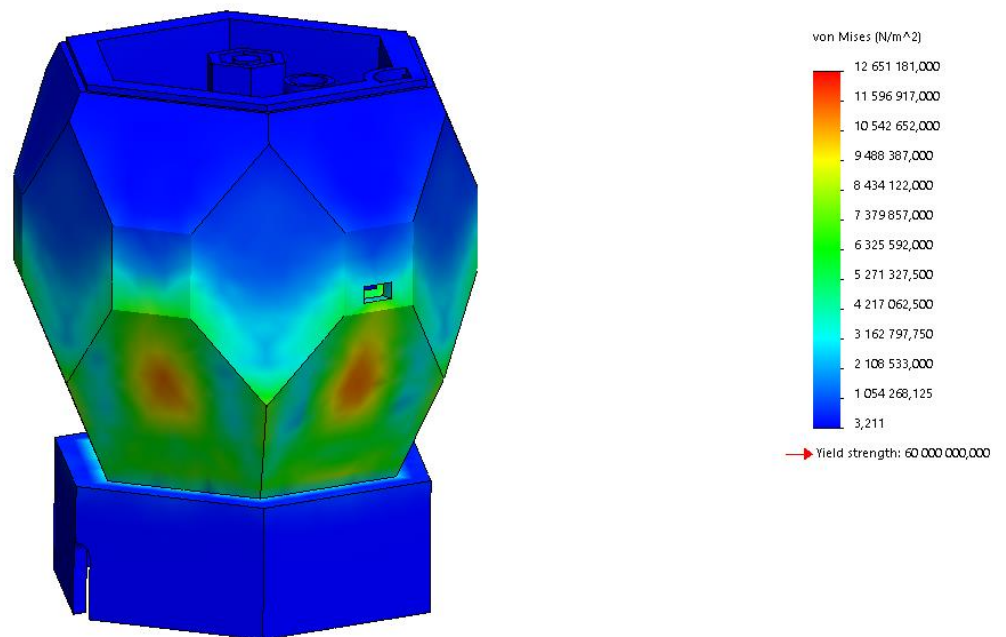


Рис.4.14. Результат напружень по Мізесу

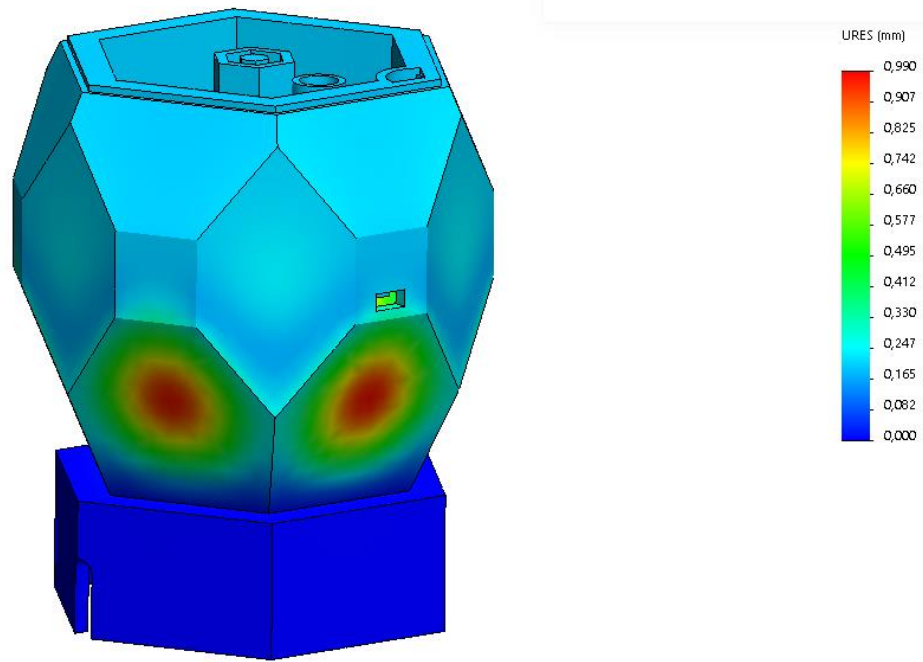


Рис.4.15. Результат переміщень

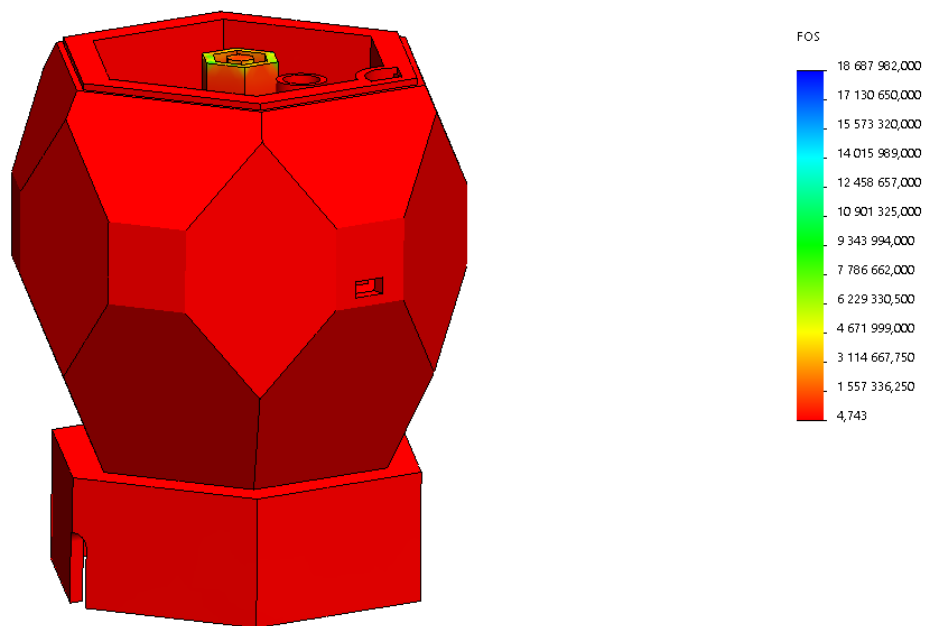


Рис.4.16. Коефіцієнт запасу міцності

Аналізуючи отримані результати переміщень та коефіцієнту запасу міцності можна зробити висновок, що і сама конструкція і сам матеріал досить надійні, про це свідчить велике значення коефіцієнту міцності та малі значення переміщення.

4.3. Компоненти та принципова схема

Важливим етапом є вибір електронних компонентів та їх налаштування, загалом система скрадатиметься із наступних елементів:

- плата Arduino Nano
- датчик вологості
- погрузний насос
- макетна плата
- транзистор 2N2222
- резистори 1k та 4.7k
- світлодіод
- датчик рівня води

Для того щоб усе це працювало необхідно з'єднати усе у єдину систему, схему з'єднання компонентів наведено на рисунку нижче(рис.4.17.)

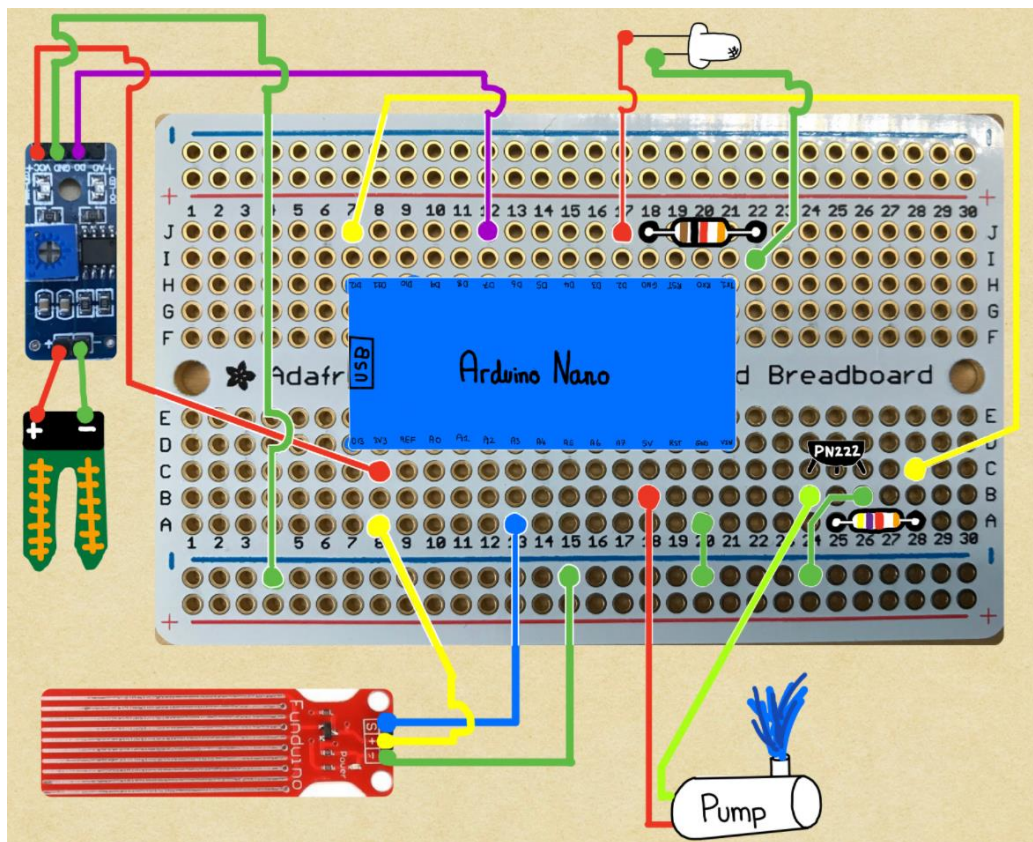


Рис.4.17. Принципова схема

В даному підрозділі наведемо принципову схему розміщення апаратного забезпечення для управління автополивом розумного горщика.

4.4. Збирання та налаштування прототипу розумного горщика

Коли усі компоненти було придбано ми приступили до розміщення їх у корпусі, який спроектували зазделегіть. Розміщення датчика вологості(рис.4.18)

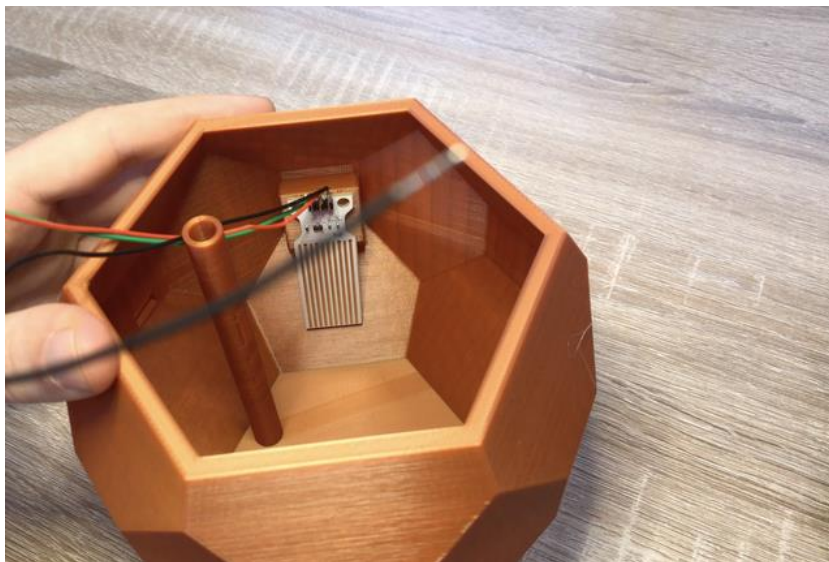


Рис.4.18. Розміщення датчика вологості

Усе зібрано на макетній платі, оскільки це не фінальна версія і будуть ще проводитися доробки, а саме макетна плата найбільш для цього підходить(рис.4.19.)

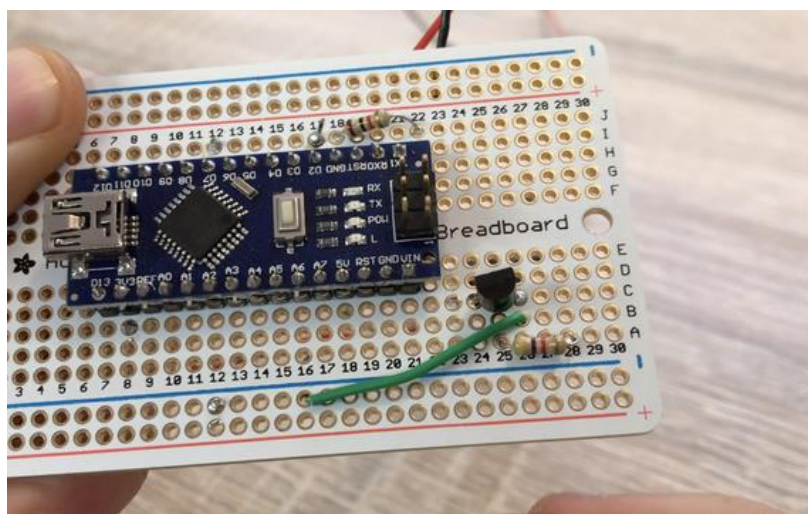


Рис.4.19. розміщення компонентів на макетній платі

Наступним кроком розмістимо погрузний насос і з'єднаємо його із верхнім контейнером (рис.4.20)

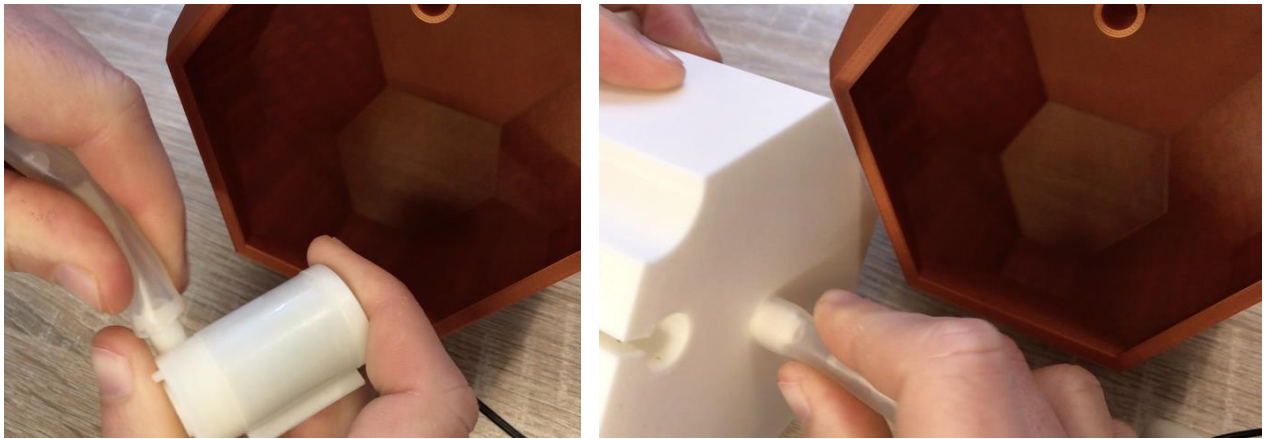


Рис.4.21. Фіксування погрузного насосу

Після формування і збирання основних вузлів збираємо усе в єдиний виріб (рис.4.22)

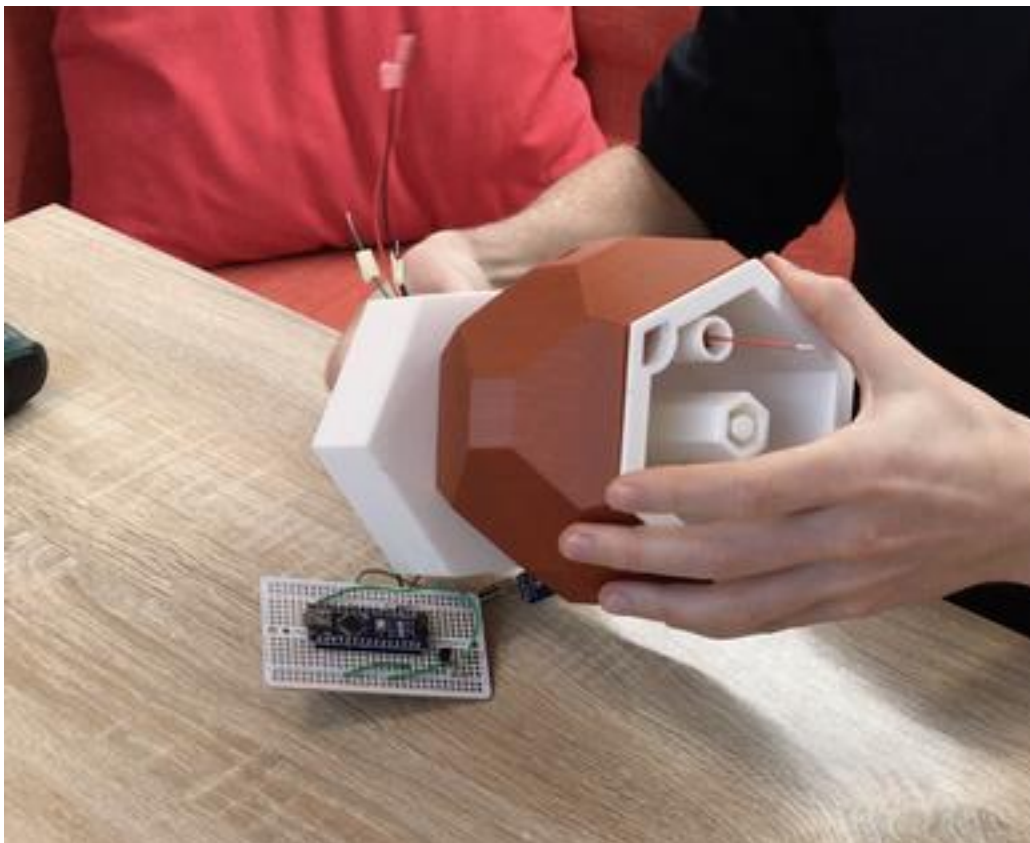


Рис.4.22. Прототипування виробу Розумний вазон

Макетна плата чітко стала на спроектовані посадочні місця(рис.4.23)

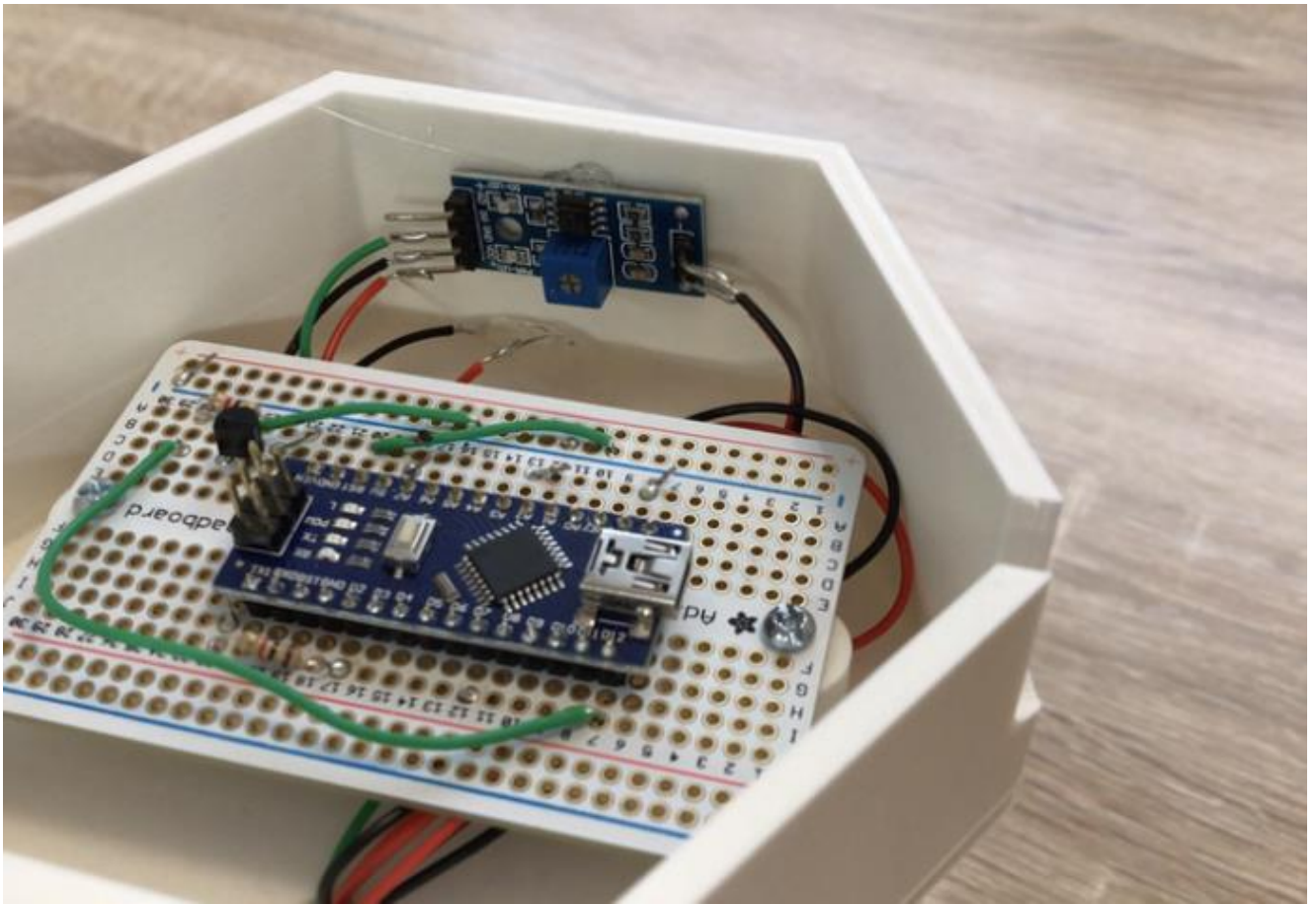


Рис.4.23. Розміщення електроніки у нижньому корпусі

Під'єднаємо датчик вологості встановимо його передавач безпосередньо в ґрунт(рис.4.24)



Рис.4.24. Розміщення датчика вологості

На нижній стороні горщика ми прикріпили модуль регулювання(рис.4.25) для датчика вологості ґрунту. На цьому модулі є потенціометр, який ми будемо використовувати, щоб встановити рівень, який він буде відображати для Arduino, наскільки ґрунт достатньо вологий. Для цього перевірте вологість ґрунту для рослини на мінімальному рівні, яким ви були б задоволені. Зачекайте приблизно годину, щоб волога вирівнялася через середовище для вирощування та навколо датчика.

Потім ми можемо використовувати невелику викрутку, щоб повертати потенціометр до тих пір, поки не засвітиться друга лампочка, на цьому зупиніться, а потім повернути його назад, доки світло не згасне. Потім це правильно налаштовано.

Якщо вам коли-небудь знадобиться відрегулювати рівень вологості ґрунту, ви зробите це саме тут.

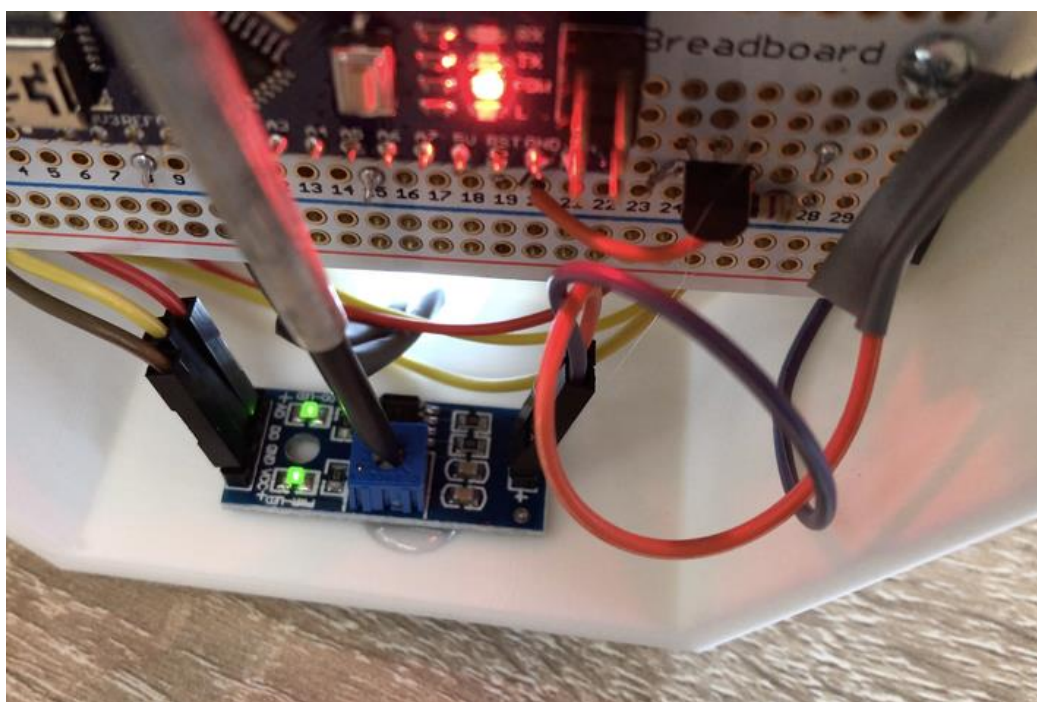
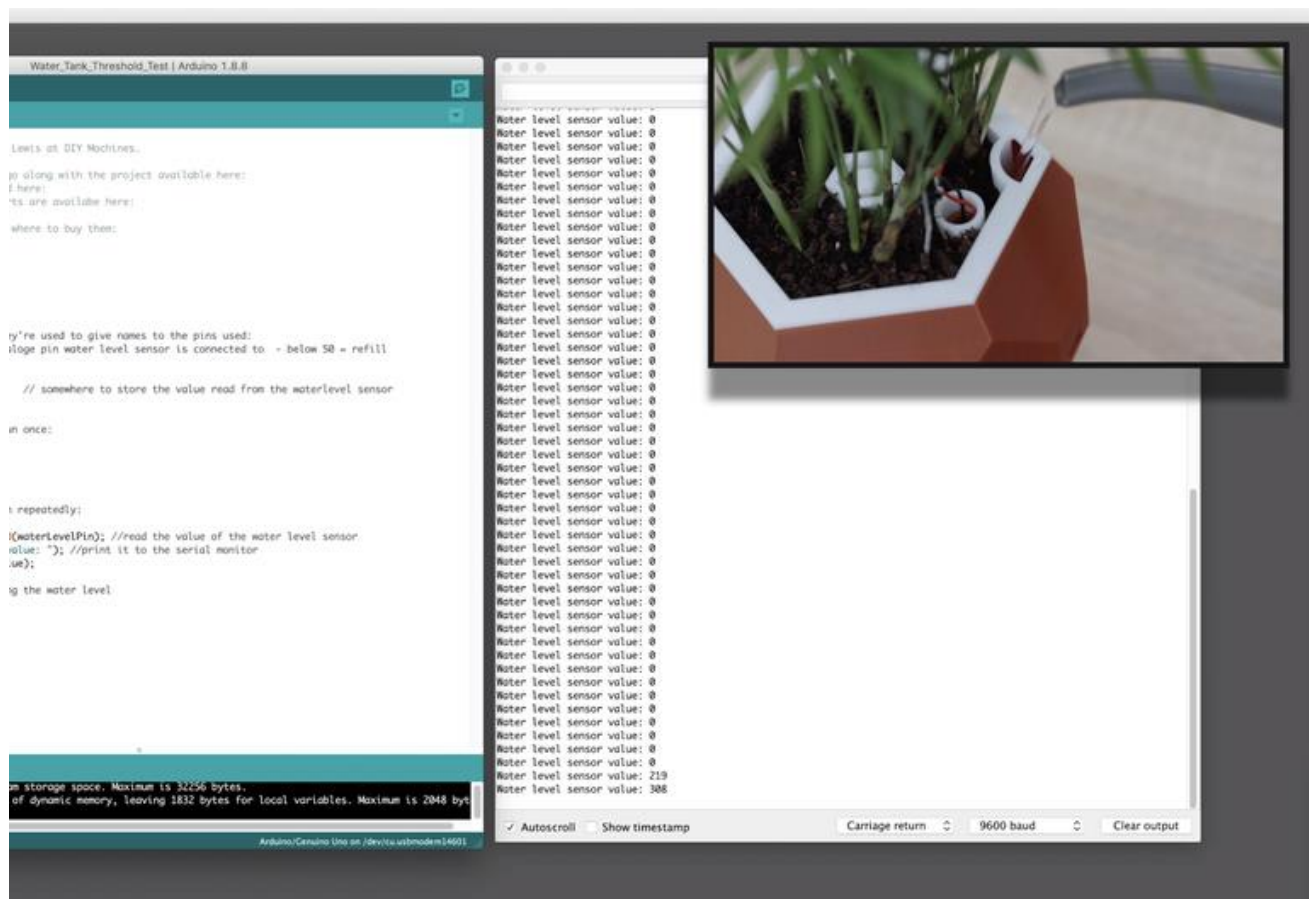


Рис.4.25. Встановлення та регулювання датчика вологості за допомогою потенціометра

Завантажте в середовище код із додатку «Water_Tank_Threshold_Test.ino» в IDE. Ми будемо використовувати це протягом короткого часу, щоб допомогти встановити правильний пороговий рівень для датчика рівня води.

Після завантаження відкрийте послідовний монітор(рис.4.21) і почніть повільно додавати воду в бак, поки не почнете бачити показання датчика. На цьому зупиніться і зачекайте, поки показання не стануть досить послідовними. Запишіть середнє значення, яке воно зараз відображає.



Тепер ми можемо повторно завантажити основний код і перейти до змінних у верхній частині, щоб оновити кілька значень. Спочатку ми введемо значення, яке ми щойно зазначили, у змінну «WaterLevelThreshold».

Поки ми тут, ми також можемо встановити значення інтервалу перевірки на 180 000. це означає, що рівень вологості ґрунту буде перевірятися щогодини. Значення «emptyReservoirTimer» потрібно встановити на 900. Це означає, що світлодіод буде повільно блимати протягом 30 хвилин, щоб повідомити нам, що нам потрібно більше води в баку, перш ніж код продовжить перевірку рослини.

```

// These constants won't change. They're used to give names to the pins used:
const int ledPin = 2; // Digital output pin that the LED is attached to
const int pumpPin = 12; // Digital output pin that the water pump is attached to
const int waterLevelPin = A3; // Analoge pin water level sensor is connected to
const int moistureSensorPin = 7; // Digital input pin used to check the moisture level of the soil

// These are the values to edit - see the instructional video to find out what needs adjusting and why:
double checkInterval = 1800; //time to wait before checking the soil moisture level - default it to an hour = 1800000
int waterLevelThreshold = 380; // threshold at which we flash the LED to warn you of a low water level in the pump tank - set this as per the video explains
int emptyReservoirTimer = 90; // how long the LED will flash to tell us the water tank needs topping up - default it to 900 = 30mins
int amountToPump = 300; // how long the pump should pump water for when the plant needs it

// Global temp values
int sensorWaterLevelValue = 0; // somewhere to store the value read from the waterlevel sensor
int moistureSensorValue = 0; //somewhere to store the value read from the soil moisture sensor

```

Змінна для 'amountToPump' контролює, скільки води перекачується до рослини, коли ми її поливаємо. Я встановив значення 300, але ви можете змінити це значення, якщо вам потрібно більше чи менше води, адже кожна рослина поводитися по різному і потребує різне значення водт.

Ось весь процес збирання прототипу Розумного горщика (рис.4.26.)



Рис.4.27. Фінальний прототип розумного вазону

Роблячи висновок про весь розділ виконано проектування розумного вазону, дослідження, підібрано усю апаратну частину, а також виготовлено повноцінний прототип.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

5.1. Опис загальної ідеї проекту

Коротко опишемо **зміст ідеї**, вона полягає в тому щоб розробити САПР розумного вазону, підібрати апаратне забезпечення та написати програмне забезпечення для повноцінної роботи розумного вазону із автополивом.

Щодо **напрямків застосування**, в даний час галузь розумних будинків все більш розвивається і вона уже далеко вийшла за межі багатого прошарку суспільства. Когось здивувати розумною розеткою чи розумним вимикачем зараз важко. Тому суспільство намагається все більше і більше автоматизувати прилади у своєму будинку чи квартирі. Навіть якщо у людини не встановлено повноцінну систему розумного будинку, розумні вазони можуть працювати як незалежні пристрої. Тому напрямки застосування як у комплексі розумного будинку в цілому так і як окремий об'єкт є досить актуальними.

Переваги використання спроектованої моделі зокрема в тому, що можна без зайвих затрат проаналізувати та модифікувати ті чи інші елементи збірки розумного вазону, а також додати певні доповнення як до апаратного рівня так і до програмного, при тому це все можна зробити на звичайному ПК.

Відмінності від подібних розробок в тому, що переважно використано лише геометричне моделювання, а у нашому випадку ще й імітаційне із повним набором проведених досліджень. Достатньо лише змінити початкові та граничні умови або ж геометрію наприклад радіатора та перезапустити прорахунок. Також розроблене ПЗ на мові Arduino має відкритий код та зрозумілий набір команд, що надасть користувачу можливість модифікувати його під власні потреби.

Здійснено порівняльний аналіз основних показників, відповідно до наступної шкали оцінювання:

- а) гірші значення (W, слабкі);
- б) аналогічні (N, нейтральні) значення;
- в) кращі значення (S, сильні).

Таблиця 5.1. Визначення характеристик ідеї проекту

№ з/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Проект конкурента			
1	Форма виконання	САПР із набором досліджень та Апаратна і програмна частина	3Д модель			+
2	Собівартість	низька	середня		+	
3	Наявність адміністратора	-	-			+
4	Наявність Інтернету	Не потрібно	Потрібно			+
5	Зручність використання	Зручний інтерфейс обраного САПР для розробки даного проекту та для розробки ПЗ	Складна 3д модель			+

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Визначення технологічної можливості реалізації ідеї проекту передбачає аналіз таких складових, які зведені у таблиці(таблиця 5.2):

- за якою технологією буде спроектовано 3Д модель згідно ідеї проекту?
- яка мова програмування використовується?
- чи дорога апаратна частина?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/придбати/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Для легшого сприйняття даних зведемо їх у таблицю, де опишемо усі вимоги до технологій.

Таблиця 5.2 Технологічна реалізація проекту

№ п/н	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розроблення САПР для розумного вазону із автополивом, набір досліджень для його вдосконалення та апаратною і програмною складовою	SolidWorks та його модулі Simulation та Motion, Arduino	Доступна,	Деякі технології платні, але є пробний період для ознайомлення із проектом в цілому

5.3. Розроблення ринкової стратегії проекту

Стосовно ринкової стратегії можна запусити виконати наступні кроки:

1. Розробити інструкцію по використанню розробленої САПР та по налаштуванні ПЗ, налаштувати електрону розсилку по виробництвах та компаніям, які працюють із системами розумний будинок, із коротким анкетуванням, головними питаннями якого є:
 - на скільки дана інформація була корисною?
 - щоб на Вашу думку можна було б покращити?
2. Зараз велику популярність мають соціальні мережі такі як Instagram, TikTок, facebook можна створити профілі для нашого проекту і таким чином через коментарі збирати ідеї для його покращень.
3. Запропонувати клієнтам пробний період використання основною перевагою якого буде збирання фідбеків від юзерів, а для них безкоштовне користування
4. Якщо ми отримаємо достатньо фідбеків і розроблена САПР буде лише збільшувати свої можливості, то переходимо до таргетингу та контекстної реклами

ВИСНОВКИ

Результатом виконання магістерської роботи стало розроблення САПР для розумного горщика із автополивом. Також за допомогою модуля Simulation проведено аналіз напружено-деформованого стану конструкції, щоб перевірити її міцність та надійність. Отримані результати дозволили визначитися із матеріали компонентів збірки та довести їх надійність.

Запропоновано апаратне забезпечення, яке базується на Arduino Nano та його датчиком вологості. Усе апаратне забезпечення з'єднано в єдину систему і виготовлено прототип.

Для його функціонування написано ПЗ, яке забезпечує роботоспроможність розумного вазону із автополивом.

Таким чином ми отримали повністю робочий виріб із супутньою документацією та забезпечено необхідним ПЗ, що і було метою даної магістерської роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алямовський А.А. «SolidWorks\CosmosWorks Інженерний аналіз методом скінчених елементів» «ДМК». – Москва, 2004 рік – 430 с.
2. Наталя Дударєва, Сергій Загайко «SolidWorks 2009 на прикладах» «БХВ». – Санкт-Петербург, 2009 рік – 530 с.
3. Алямовський А.А. «SolidWorks комп'ютерне моделювання в інженерній практиці» «БХВ». – Санкт-Петербург, 2005 рік – 800 с.
4. Алямовський А.А. «SOLIDWORKS Simulation и FloEFD. Практика, методологія, ідеологія», ДМК Пресс, 2019 р. -658 с.
5. Прохороенко В.П. SolidWorks. Практическое руководство – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004 рік – 448 с.
6. SolidWorks Motion Tutorial 2013 – Dassault System SolidWorks Corporation, 2013. –200
7. Mike Spens «Automating SOLIDWORKS 2015 Using Macros» - SDCPublication ,2015. – 385
8. Електронний ресурс - <http://help.solidworks.com/>
9. Електронний ресурс - <https://diylab.com.ua/a186813-scho-take-arduino.html>
10. Matt, Lombard SolidWorks® Surfacing and Complex Shape Modeling Bible / Matt Lombard. - Москва: СИНТЕГ, 2010. - 460 с.
11. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике (+ DVD-ROM). - М.: БХВ-Петербург, 2013. - 669 с.
12. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике (+ CD-ROM) / А.А. Алямовский и др. - М.: БХВ-Петербург, 2017. - 800 с.
13. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский и др. - М.: БХВ-Петербург, 2016. - 800 с.
14. Almattar Tayseer. Learn SOLIDWORKS 2020: A hands-on guide to becoming an accomplished SOLIDWORKS Associate and Professional, Packt Publishing, 2019. — 770 p.

ДОДАТКИ

A. Лістинг програм

Water_Tank_Threshold_Test.ino

```
// These constants won't change. They're used to give names to the pins used:
const int waterLevelPin = A3; // Analoge pin water level sensor is connected to - below 50 = refill

int sensorWaterLevelValue = 0; // somewhere to store the value read from the waterlevel sensor

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

  sensorWaterLevelValue = analogRead(waterLevelPin); //read the value of the water level sensor
  Serial.print("Water level sensor value: "); //print it to the serial monitor
  Serial.println(sensorWaterLevelValue);

  delay(300); //wait before checking the water level
}
```

SmartPlant-V1-1.ino

```
// These constants won't change. They're used to give names to the pins used:
const int ledPin = 2; // Digital output pin that the LED is attached to
const int pumpPin = 12; // Digital output pin that the water pump is attached to
const int waterLevelPin = A3; // Analoge pin water level sensor is connected to
const int moistureSensorPin = 7; // Digital input pin used to check the moisture level of the
soil

// These are the values to edit - see the instructional video to find out what needs adjusting and why:

double checkInterval = 1800; //time to wait before checking the soil moisture level - default
it to an hour = 1800000
int waterLevelThreshold = 380; // threshold at which we flash the LED to warn you of a low
water level in the pump tank - set this as per the video explains
int emptyReservoirTimer = 90; // how long the LED will flash to tell us the water tank needs
topping up - default it to 900 = 30mins
int amountToPump = 300; // how long the pump should pump water for when the plant
needs it
```

```

// Global temp values

int sensorWaterLevelValue = 0;           // somewhere to store the value read from the waterlevel
sensor
int moistureSensorValue = 0;           //somewhere to store the value read from the soil moisture
sensor

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(pumpPin, OUTPUT);
  pinMode(moistureSensorPin, INPUT);

                                     //flash the LED five times to confirm power on and operation of code:
  for (int i=0; i <= 4; i++){
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(300);
    digitalWrite(ledPin, LOW);
    delay(300);
  }
  delay(2000);

  digitalWrite(ledPin, HIGH);           // turn the LED on
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

  sensorWaterLevelValue = analogRead(waterLevelPin);           //read the value of the water level sensor
  Serial.print("Water level sensor value: ");           //print it to the serial monitor
  Serial.println(sensorWaterLevelValue);

  if (sensorWaterLevelValue < waterLevelThreshold){           //check if we need to alert you to a low water level
in the tank
    for (int i=0; i <= emptyReservoirTimer; i++){
      digitalWrite(ledPin, LOW);
      delay(1000);
      digitalWrite(ledPin, HIGH);
      delay(1000);
    }
  }
  else {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(checkInterval);           //wait before checking the soil moisture level
  }

  // check soil moisture level

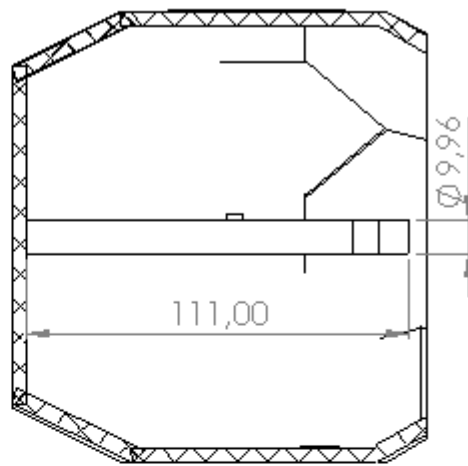
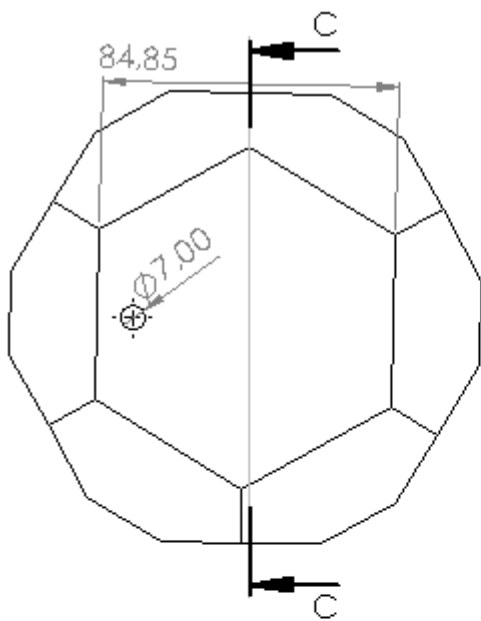
  moistureSensorValue = digitalRead(moistureSensorPin);           //read the moisture sensor and save the value
  Serial.print("Soil moisture sensor is currently: ");

```

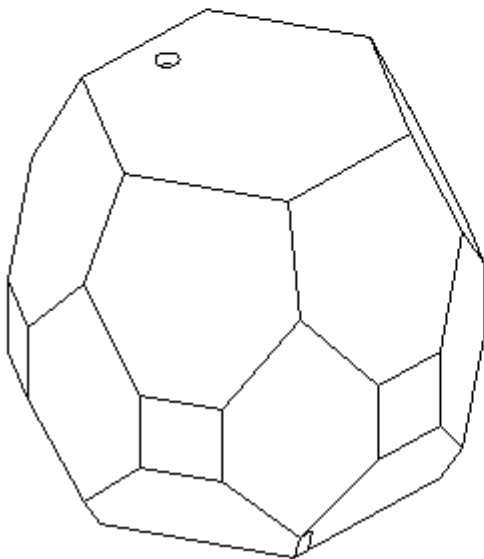
```
Serial.print(moistureSensorValue);
Serial.println(" ('1' means soil is too dry and '0' means the soil is moist enough.)");

if (moistureSensorValue == 1){
    //pulse the pump
    digitalWrite(pumpPin, HIGH);
    Serial.println("pump on");
    delay(amountToPump); //keep pumping water
    digitalWrite(pumpPin, LOW);
    Serial.println("pump off");
    delay(800); //delay to allow the moisture in the soil to spread through to the
sensor
}
}
```

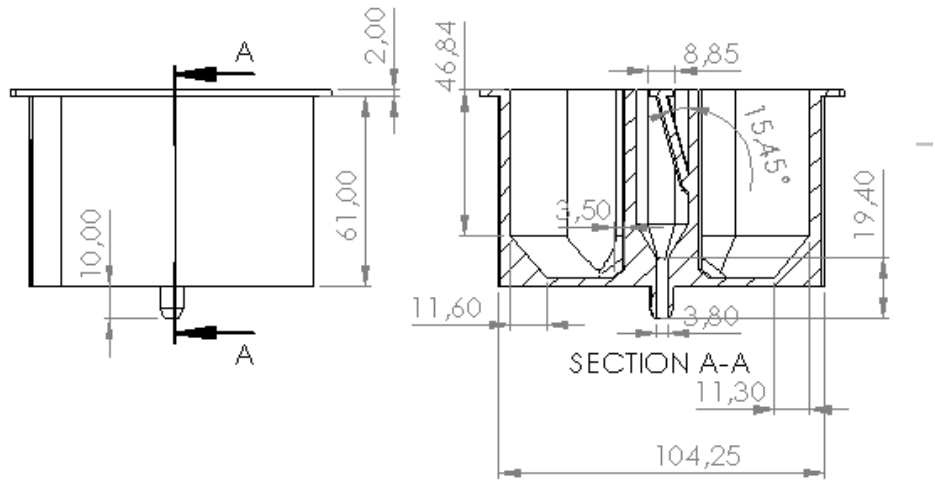
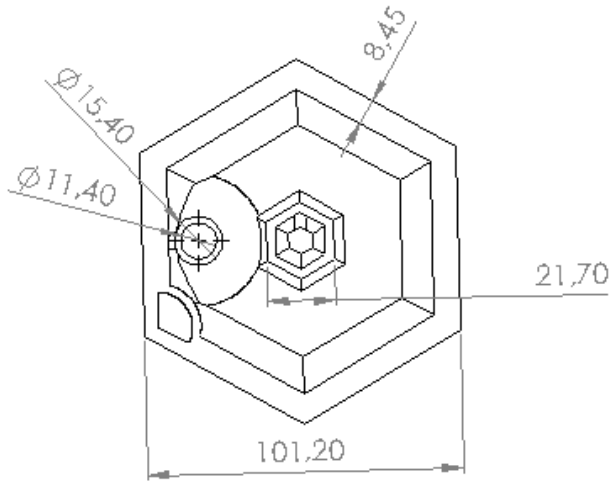
Б. Складальні креслення

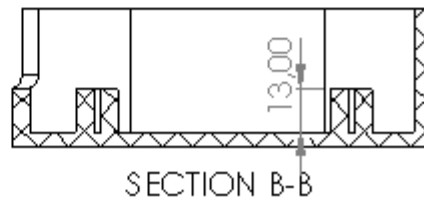
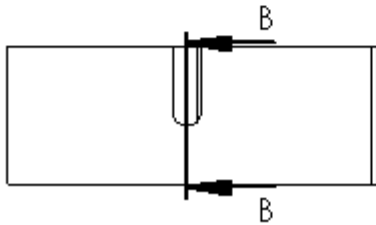
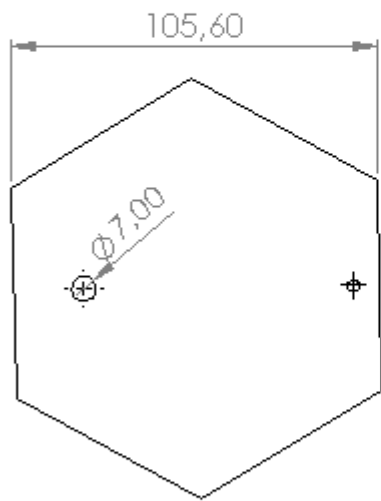
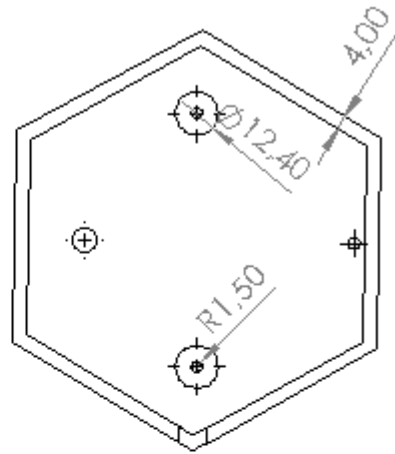
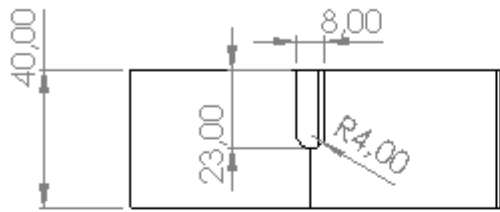


SECTION C-C
SCALE 1 : 2



					<i>Контейнер для води</i>		
Изм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Разраб	Стецюк О.О.				Литера	Лист	Листов
Пров	Борецька І.Б.				у	1	3
Н. Контр.					ст.групи КН-6(м)		





Бонжидія ер джя рруніку

Изм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Разраб	Стецюк О.О.				Литера	Лист	Листов
Пров	Борецька І.Б.				у	2	3
Н. Контр.					ст.групи КН-6(м)		