

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

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО

“ ____ ” _____ 2024 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Автоматизована гідравлічна система поливу та зрошування
тепличного господарства.

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-01

Гульков Кирило Станіславович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доц., к.т.н. Муращенко Альона Миколаївна
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з охорони праці доц., к.т.н. Муращенко Альона Миколаївна
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В.М. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент доц. каф. ТВЛА, к.т.н., доц. Борис Р.С.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Олег ЛЕВЧЕНКО

(підпис)

“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

Гульков Кирило Станіславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Автоматизована гідравлічна система поливу та зрошування тепличного господарства.

Керівник проєкту: Мураценко Альона Миколаївна к.т.н.

затверджена наказом по університету від “ 27 ” 05 2024 року № 2115-с

2. Термін подання студентом проєкту _____ 05.06.2024р.

3. Вихідні дані до проєкту: нормативно-правові джерела щодо охорони, захисту та управління інтелектуальною власністю, наукові статті, наукові джерела з питань автоматизованих та механічних систем, габаритні розміри теплиці (4000x7000x1750), діаметр трубопроводів.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1. Аналіз існуючих теплиць. Розділ 2. Розробка та проектування системи поливу та зволоження в теплиці. Розділ 3. Технологія машинобудування. Розділ 4. Охорона праці. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

5 креслень формату А1 (перший лист – схема гідравлічна принципова, другий лист – схема електрогідравлічна принципова, третій лист – складальне креслення форсунки, четвертий лист – деталювання, п'ятий лист – технологія виготовлення деталі «Пістон»), презентація.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	Муращенко А. М. доц.		
2. Технологія машинобудування	Кореньков В.М. доц.		

7. Дата видачі завдання 10.05.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Збір інформації про принцип роботи систем зрошування та поливу в теплиці	16.04.24	Виконав
2	Огляд існуючих рішень автоматизації в теплиці	23.04.24	Виконав
3	Розробка принципової гідравлічної схеми	15.05.2025	Виконав
4	Розрахунок елементів гідравлічної системи	16.05.2024	Виконав
5	Підбір обладнання	20.05.2024	Виконав
6	Розробка креслень	25.05.2024	Виконав
7	Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	30.05.2024	Виконав
8	Охорона праці	30.05.2021	Виконав
9	Оформлення пояснювальної записки ДП	05.06.2024	Виконав

Студент

(підпис)

Кирило ГУЛЬКОВ
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту

(підпис)

Альона МУРАЩЕНКО
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: Автоматизована гідравлічна система поливу та зрошування
тепличного господарства

Київ – 2024 рік

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з 80 сторінок, 55 малюнків, 6 таблиць.

Головною метою дипломного проєкту була розробка та проектування системи краплинного поливу та системи зволоження повітря в теплиці. Перед початком проєктування було проведено аналіз вже існуючих рішень та систем. У ході виконання роботи було вивчено безліч технічних джерел для того, щоб раціонально та точно вибрати обладнання для системи, що проєктується. Було розроблено гідравлічну та електричну схеми, виконано розрахунки для кожного елемента та підібрано необхідні комплектуючі. Для реалізації роботи системи зволоження повітря було спроектовано форсунку, яка найбільш підходить до вимог проєкту. В роботі використовувалася методи гідравлічних розрахунків, методи моделювання в САТ програмах. Також, була розроблена технологія виготовлення деталі «Пістон», яка є однією з ключових деталей в форсунці.

Ключові слова: система зволоження повітря, система краплинного поливу, форсунка, гідравлічна система, теплиця.

ABSTRACT

The diploma project consists of 80 pages, 55 figures, and 6 tables.

The main goal of the diploma project was the development and design of the drip irrigation and air humidification systems in a greenhouse. Before starting the design, an analysis of already existing solutions and systems was conducted. During the project, numerous technical sources were reviewed to select the equipment for the designed system rationally and accurately. Hydraulic and electrical schemes were developed, and calculations were made for each element and the necessary components were selected. To implement the operation of the air humidification system, a nozzle was designed that perfectly fits the project requirements. The work involved methods of hydraulic calculations and modeling in CAD programs. Additionally, the manufacturing technology of the "Piston" part, a key component in the nozzle, was developed.

Keywords: air humidification system, drip irrigation system, nozzle, hydraulic system, greenhouse.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕПЛИЦЬ	10
1.1 Мета застосування теплиць	10
1.1.1 Забезпечення стійкого клімату та захист від екстремальних метеорологічних умов.....	10
1.1.2 Покращення продуктивності господарства.....	11
1.2 Види теплиць	11
1.2.1 Перша категорія теплиць	12
1.2.2 Друга категорія теплиць.....	13
1.2.3 Третя категорія теплиць	14
1.2.4 Четверта категорія теплиць.....	14
1.2.5 П'ята категорія теплиць	15
1.3 Автоматичні системи в теплицях	16
1.4 Системи поливу в теплицях	17
1.5 Система автоматичного поливу в теплицях	20
Розділ 2. Розробка та проектування системи поливу та зволоження в теплиці .	24
2.1 Постановка задачі	24
2.2 Опис роботи системи.....	25
2.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів.....	26
2.3.1 Розрахунок трубопроводу системи зволоження повітря	26
2.3.2 Визначення втрат по довжині трубопроводу	29
2.3.3 Розрахунок трубопроводу краплинного поливу	34
2.4 Підбір гідравлічного обладнання	41
2.5 Схема керування та алгоритм роботи	48
2.5.1 Моделювання роботи системи.....	50
2.6 Моделювання форсунки.....	52

					<i>МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб		Гулькова К. С.						
Перевір.		Муращенко А.М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
					Літ.		Арк.	Аркушів
							7	

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	58
3.1 Завдання на розробку технологічного процесу	58
3.2 Вибір заготовки	58
3.3 Розробка маршрутного технологічного процесу:	59
3.4 Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання	61
4.1 Написання управляючих програм	63
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	67
4.1 Інструкція охорони праці при монтуванні теплиці.	68
4.2 Інструкція охорони праці при роботі в теплиці.	70
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Мищенко А.М.				8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасне сільське господарство стикається з безліччю викликів, серед яких особливо значущими є ефективне використання водних ресурсів та створення оптимальних умов зростання рослин. Теплиці, як важливий елемент агропромислового комплексу, вимагають особливого підходу до організації мікроклімату, включаючи точне та раціональне керування поливом та зволоженням повітря. Розробка автоматизованих систем поливу та зволоження сприяє не тільки поліпшенню якості продукції, що вирощується, а й суттєвому зниженню витрат на воду та енергоресурси.

Метою даного дипломного проєкту є розробка гідравлічної системи поливу та зволоження повітря у теплиці, що включає аналіз існуючих рішень, розробку технічних схем, вибір обладнання та розрахунок необхідних параметрів системи.

Під час написання проєкту було проведено огляд та аналіз ринку обладнання, вивчено наукові та технічні джерела з тематики поливу та зволоження повітря, розроблено та протестовано окремі елементи системи. Результати досліджень та проєктні рішення можуть бути використані для модернізації існуючих або створення нових теплиць, обладнаних сучасними компонентами.

Для вирішення заданої мети було поставлено наступні задачі:

- Огляд існуючих систем та рішень автоматизації мікроклімату теплиці, знаходження переваг та недоліків.
- Розробити гідравлічну схему автоматичного поливу та зволоження в теплиці.
- Провести гідравлічний розрахунок системи та підбір гідравлічного обладнання.
- Моделювання роботи системи зволоження та поливу.
- Проєктування та моделювання форсунки зволоження.
- Виконати розділи технології машинобудування та охорони праці відповідно до проєктованої системи.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕПЛИЦЬ

1.1 Мета застосування теплиць

У сучасному світі забезпечення населення свіжими та натуральними продуктами стає дедалі актуальнішою проблемою, теплиці відіграють ключову роль у вирішенні цього питання. Вони дають змогу аграріям створювати ідеальні умови для вирощування рослин, а також контролювати всі аспекти довкілля [1].

1.1.1 Забезпечення стійкого клімату та захист від екстремальних метеорологічних умов

Одна з основних проблем, з якою стикаються аграрії та садівники, полягає у непередбачуваності погодних умов. Екстремальні температури, град, сильні пориви вітру та інші кліматичні аномалії можуть серйозно вплинути на зростання рослин та врожай. У таких умовах теплиці стають необхідним інструментом, який забезпечує рослинам стабільні умови для розвитку. Теплиці надають захищений простір, де можливе регулювання температури, вологості та повітряних потоків. У холодну пору року вони утримують тепло, що дозволяє рослинам продовжувати рости, навіть за знижених температур. Влітку теплиці захищають від перегріву та сонячних опіків завдяки системам вентиляції та затінення. Крім того, теплиці захищають рослини від таких явищ, як град та сильний вітер. Їхнє міцне покриття запобігає пошкодженню рослин і плодів великими градинами і знижує ризики, пов'язані з вітром. Таким чином, підтримання стабільного клімату в теплиці не лише зменшує ймовірність збитків урожаю через погану погоду, а й сприяє здоровому зростанню рослин, дозволяючи їм ефективно використовувати енергію для розвитку, а не для боротьби з екстремальними умовами [1].

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.2 Покращення продуктивності господарства

Одна з ключових переваг теплиць полягає в їхній можливості подовжити сезон вирощування та створити оптимальні умови для вирощування рослин у будь-яку пору року. Це дозволяє фермерам та садівникам збирати врожай протягом значного часу, забезпечуючи постійний потік свіжих продуктів. Також, продовження сезону вирощування дозволяє культивувати рослини, які зазвичай не виживають у цій місцевості через короткий літ або суворі зимові умови [1].

У висновку використання теплиць значно продовжує сезон вирощування рослин, дозволяє успішно протистояти несприятливим погодним умовам та захищає культури від шкідників та хвороб. Ці структури також забезпечують ефективне використання землі та ресурсів, оскільки в них можна вирощувати безліч рослин на обмеженій площі. Завдяки контролю мікроклімату в теплицях, можна не лише покращувати якість урожаю, а й експериментувати з вирощуванням екзотичних для цієї місцевості рослин, що розширює можливості сільського господарства [2].

1.2 Види теплиць

Теплиці по всьому світу розрізняються за різними характеристиками. Основні з них включають:

- Виготовлені власноруч або вироблені промислово.
- Залежно від матеріалу покриття - скло або пластик (різні види плівок або полікарбонат).
- За типом конструкції - окреmostоячі (ангарні, тунелеподібні) або блочні (multispan, венло-блок).
- З обігрівом – за сонячним нагріванням або з додатковим обігрівом (за допомогою котлів, що працюють на різних видів палива).
- За системою обігріву – повітряне (за допомогою рукавів-вентиляційних каналів) або водяне (за системою труб).
- З використанням штучного освітлення (фітокультура) або без нього.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- З технологічним рівнем - низькі та високі технології [3].



Рисунок 1.1 приклад покупної теплиці [5]

В своїй роботі я розділю теплиці на п'ять категорій, від теплиць з найпростішими технологіями та конструкціями до найбільш високотехнологічних.

1.2.1 Перша категорія теплиць

До першої категорії можна віднести всім відомі теплиці, виготовлені в основному з трубчастої металевої рами або з дерева з сонячним обігрівом і без впровадження технологій. Такі теплиці можна зробити самостійно або купити у будь-якому будівельному магазині.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 Приклад саморобної теплиці [4]

1.2.2 Друга категорія теплиць

Друга категорія відрізняється від першої лише заміною матеріалу зовнішнього покриття на скло 1 (Рис. 1.3).



Рисунок 1.3 Друга категорія теплиць [3]

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3 Третя категорія теплиць

Третє покоління, відоме як "антрацит" (Рис. 1.4), створене на основі голландських венло-блоків з 1970-х років, але тепер воно майже повністю вийшло з використання. Висота гребеня теплиць досягала 4 метрів, та рослини переважно вирощувалися у ґрунті. Опалювання відбувалося за допомогою труб з гарячою водою 1, що давало змогу працювати цілий рік.



Рисунок 1.4 Третє покоління теплиць, відоме як "антрацит" [3]

1.2.4 Четверта категорія теплиць

Тут представлені найсучасніші високі теплиці типу Венло (місто в Нідерландах де їх вперше побудували), що мають висоту до 7 метрів (Рис. 1.5). Вони оснащені системою комп'ютерного контролю та регулювання параметрів мікроклімату, а також мають затемнюючі 1 та енергозберігаючі екрани 1, системи гідропоніки тощо. Цей тип теплиць є найбільш поширеним серед високотехнологічних промислових теплиць у Північній півкулі. При цьому

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тип матеріалу, що використовується для покриття, не відіграє великої ролі, так як вони можуть бути засклені, так і плівковими.

1



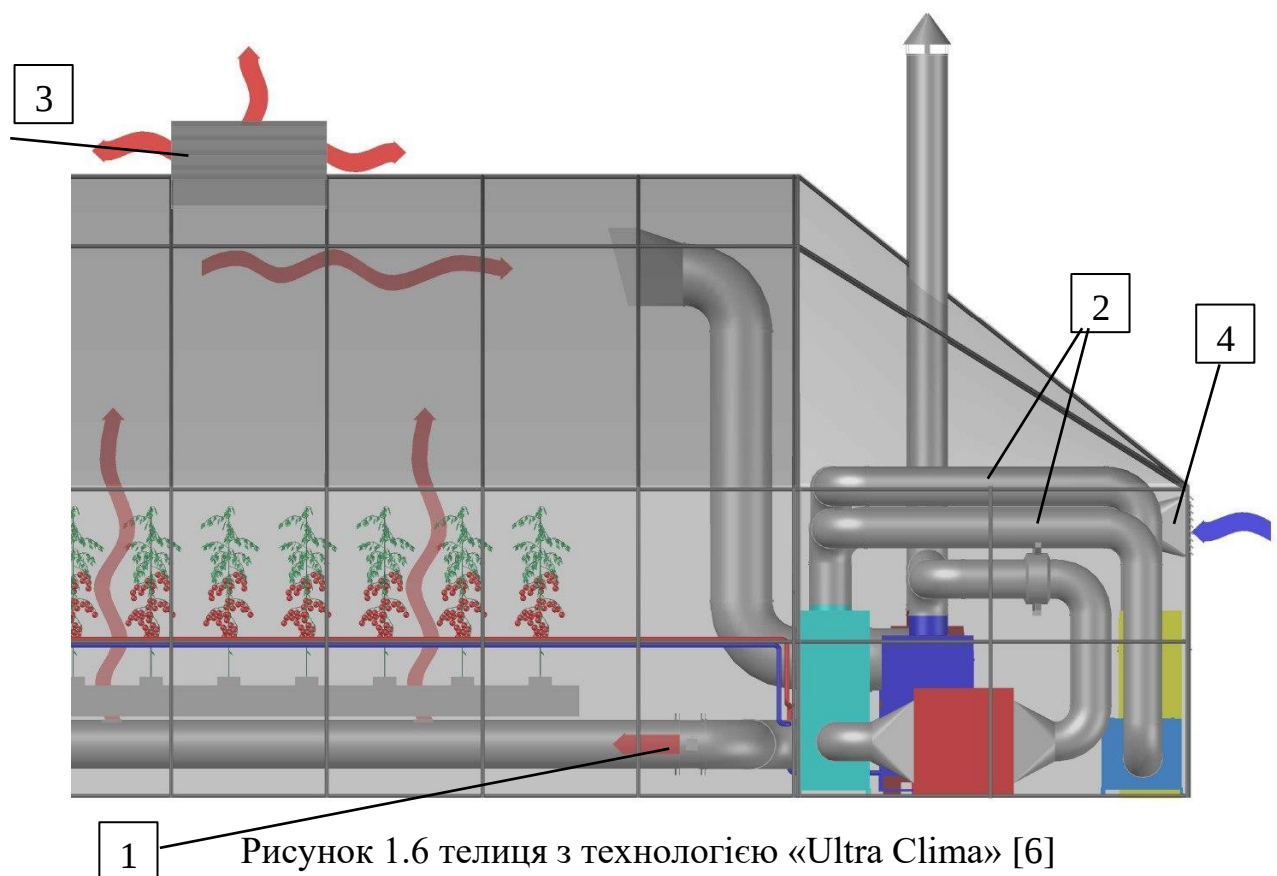
Рисунок 1.5 Теплиця четвертої категорії [3]

1.2.5 П'ята категорія теплиць

До п'ятої категорій можна віднести напівзакриті теплиці. Наприклад теплиця з технологією «Ultra Clima» (Рис. 1.6). Теплиці з напівпрозорим покриттям значно скорочують витрати на енергію та необхідність проведення захисних заходів, що призводить до підвищення врожайності та безпеки продукції, що виробляється. Обігрів та доставка всіх необхідних параметрів здійснюється через вентиляційні канали прямо до коріння рослин із спеціальної камери змішування повітря 1. Теплиця, побудована з використанням технології "Ultra Clima", використовує тепло, що залишилося від ламп для нагріву. Близько чверті всієї споживаної енергії йде освітлення, інші три чверті – на обігрів. У стандартній теплиці це тепло просто йде через

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентиляційні отвори, в той час як у Ultra Clima є можливість повторного використання його. Перед тим, як увійти в теплицю, кожна камера 2 створює певний мікроклімат. Верхня частина обладнана клапаном 3, який регулює змішування зовнішнього та внутрішнього повітря. Повітря всмоктується вентиляційною системою 4 та надходить у теплицю через спеціальні канали. Автоматична система визначає найкращий спосіб підтримки внутрішнього мікроклімату.



1.3 Автоматичні системи в теплицях

Системи автоматичного управління мікрокліматом у теплицях відстежують та підтримують оптимальний температурний режим, регулюють температуру ґрунту для турботи про коріння рослин, контролюють рівень вологості повітря та ґрунту, забезпечують своєчасний полив та ефективний повітрообмін, виводячи відпрацьовані гази.

З метою зниження витрат на обслуговування теплиць можна використовувати ручне провітрювання та полив або встановити масляні

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обігрівачі, однак це може призвести до негативних наслідків. Сучасні, ретельно розроблені та високотехнологічні системи для теплиць дозволяють автоматично регулювати температуру, вологість та проводити своєчасний полив та зволоження повітря.

Сучасні універсальні системи для теплиць, створені провідними виробниками, дотримуються принципів мінімального енергоспоживання та мінімального впливу на екосистему, забезпечуючи:

- Ефективне опалення з можливістю налаштування та програмування температури ґрунту та повітря в приміщенні;
- Автоматичне видалення внутрішнього простору споруди надлишкового кисню при зниженні температури (Рис. 1.7);
- Підтримка оптимальних умов мікроклімату в приміщенні, за винятком утворення конденсату і не вимагаючи постійного втручання людини.



Рисунок 1.7 Приклад автоматичного провітрювання реалізований за допомогою гідро- чи пневмоциліндра 1 [7]

1.4 Системи поливу в теплицях

Регулярний полив є однією з найважливіших складових вирощування рослин в теплицях. Одним з найелементарніший систем поливу є ручний полив та дощування (Рис 1.8).

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.8 Ручний полив в теплиці

Ручний полив реалізується за допомогою:

- Автоматична катушка - це пристрій, який значно полегшує роботу зі шлангом, оскільки для його намотування достатньо лише одного натискання кнопки. Катушки можна встановити на стіні або землі. Як альтернативу автоматичній катушці можна використовувати шланг-гармошку.
- Пістолет для поливу - це насадка для шланга з різними режимами, які дозволяють поливати різні види рослин, такі як огірки, помідори, перець та зелень.

Недоліком ручного поливу є його обмежена застосовність, лише для невеликих теплиць.

Для більших теплиць можна використовувати систему дощування (Рис. 1.9). Особливістю цієї системи і те, що розпилювачі встановлюються не так на рівні землі, як у саду, але в стелі. Тому такий спосіб підходить тільки для теплиць із металевим каркасом, на який можна закріпити розпилювачі та труби поливальної системи.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1



Рисунок 1.9 Система дощування

Також недоліком такої системи поливу є те що, зрошення відбувається по всій площі, що призводить до зволоження всього ґрунту, але при цьому вимагає значної витрати води. Ці методи не підходять для теплиць, які одержують воду з водопровідної системи. У таких випадках краще придбати капілярну стрічку. Капілярна система для зрошення теплиці дозволяє заощаджувати воду, оскільки вода не розпорошується по всій площі, а доставляється прямо до коріння рослин. Завдяки цьому рослини отримують необхідну кількість вологи, а витрата води знижується.

Капілярний полив реалізується різними способами, наприклад за допомогою капілярної стрічки, мікрокрапельниці або з використанням шлангів, які сочяться.

Найпоширеніший метод зрошення для теплиць – використання капілярної стрічки. Вона може бути укладена як під землею, так і поверх ґрунту. Для тимчасових теплиць, таких як парники, найбільш підходящим варіантом є поверхнєве зрошення за допомогою капілярної стрічки, прокладеної вздовж грядок, забезпечуючи місцеву поливу. При виборі

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

капілярної стрічки важливо звертати увагу на відстань між отворами, робочий тиск та товщину стінок. Головна перевага капілярного зрошення для теплиці – це його компактність та легкість укладання.

Якщо у вас капітальна теплиця, розташована на постійному місці, найрозумнішим вибором буде підземне зрошення. Капілярна трубка, укладена під землею, має тривалий термін служби, що становить мінімум 10 років. Монтаж підземного зрошення може зайняти більше часу, але його потрібно буде проводити лише один раз. Тоді як капілярну стрічку в теплиці доводиться укладати щоразу після пересадки рослин [8].

1.5 Система автоматичного поливу в теплицях

Автоматична система контролю за теплицею здатна збільшити продуктивність та зменшити потребу в робочій силі (Рис. 1.10).

Системи здатні підтримувати процес у встановлених межах. У разі позаштатних ситуацій вони повідомляють оператора про необхідність його втручання. Автоматизована система виконує функції звичайного персоналу, але робить це більш точно та швидко. Вона включає ряд датчиків і програмно-апаратний комплекс для прийому, обробки інформації та створення керуючих сигналів. Керувати системою можна як безпосередньо на місці, так і дистанційно через інтернет-інтерфейс, що дає можливість збирання, аналізу та прогнозування даних.

Найчастіше використовуваним джерелом водопостачання є свердловини 1 з глибокими насосами 2, розташовані поруч із комплексом. Вода з них йде на технічні потреби, зрошення теплиць та промивання фільтрів. Система водопостачання обладнана буферною ємністю 3 та водними резервуарами 4 з проміжною насосною станцією 5. Воду очищають від механічних та хімічних забруднень. Зв'язок між свердловинами, насосною станцією, фільтрами 6, резервуарами та пультом керування здійснюється через радіозв'язок 7, при цьому на кожному вузлі встановлені ретранслятори для надійної передачі сигналу. Оператор контролює роботу датчиків та керуючих

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристроїв через систему SCADA, отримує звіти у вигляді таблиць та графіків. На панелях оператора відображаються дані про стан виконавчих механізмів, датчиків, тривожних сигналів, а також рівень заповнення буферного та основного резервуарів для води. Час увімкнення та вимкнення насосів зареєстровано, і оператор може відстежувати витрати води та час роботи кожного насоса. Також передбачено можливість зміни параметрів та моніторингу роботи контролера.

Система водопостачання теплиці має такі функції:

- Можливість працювати насосами одночасно чи по черзі;
- Підтримка необхідного рівня води у резервуарах;
- Автоматизований облік використаної води з кожної свердловини з автоматичною звітністю;
- Моніторинг стану виконавчих механізмів та рівня води в резервуарах у реальному часі;
- Управління насосами як безпосередньо на місці, так і на відстані;
- Захист насосів від перевантажень та неякісного електропостачання;
- Запобігання роботі насосів без води (сухий хід);
- Отримання даних із витратомірів 8 води;
- Нагляд за функціонуванням свердловинних та переливних насосів;
- Фіксація часу роботи кожного насосу;
- Ведення журналу подій.

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

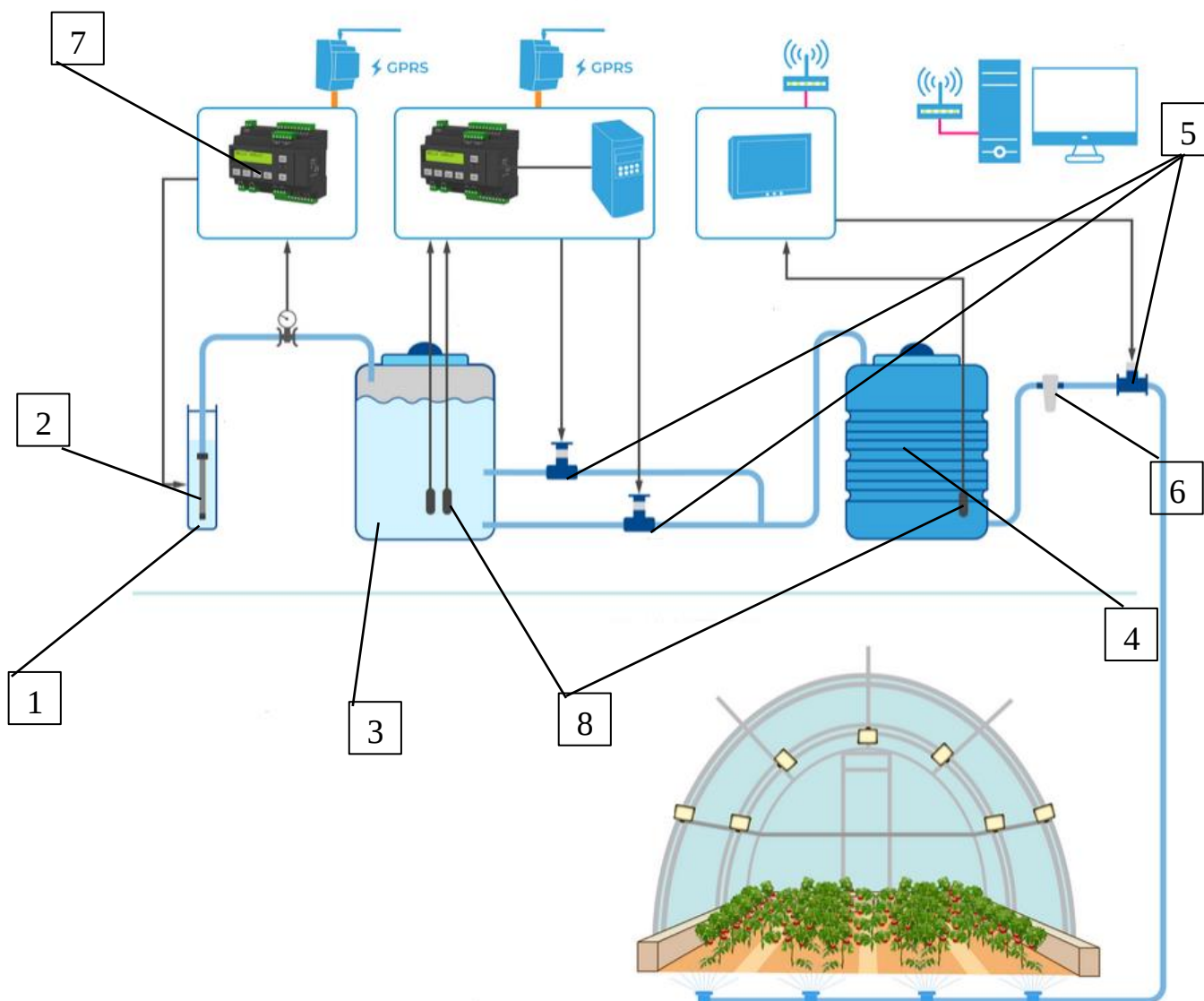


Рисунок 1.10 Система автоматичного поливу в теплицях [9]

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО100.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до першого розділу:

У першому розділі мого дослідження я провів всебічний огляд існуючих видів теплиць та технологій, що використовуються у них. Розглянув ключові переваги та недоліки різних технічних рішень, що застосовуються у теплицях, що дозволило мені глибше зрозуміти специфіку кожної системи. Також здійснено детальний аналіз систем поливу, від простих ручних до складних автоматизованих систем, включаючи використання насосних агрегатів та інших гідравлічних пристроїв. На основі отриманих даних та з урахуванням виявлених потреб та обмежень, я планую розробити власну систему поливу для теплиць, яка буде оптимізована під специфічні умови та вимоги проекту. Це дозволить підвищити ефективність використання ресурсів та покращити врожайність без значного збільшення витрат.

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПОЛИВУ ТА ЗВОЛОЖЕННЯ В ТЕПЛИЦІ

2.1 Постановка задачі

В своєму дипломну проекту я поставив собі задачу розробити уніфіковану систему поливу в теплиці, яка буде включати в собі окрему систему краплинного поливу та систему зволоження повітря, яка слугує для підтримання найкращих умов для розвитку рослин. Для економії та простоти монтування система буде працювати від однієї насосної станції з можливістю корегування зон поливу та зволоження, а також автоматичного контролю всіх процесів. Система краплинного поливу є стандартною та може постійно змінюватись, кількість трубопроводів, кількість отворів для поливу і так далі. Ці зміни не будуть принципово впливати на роботу системи, насосний агрегат, розподільник та клапани будуть на це розраховані. В свою чергу система зволоження повітря більш чутлива до таких змін, тому її розробка вимагає більше точності. Маючи габаритні розміри теплиці, я поділю її на вісім окремих зон 1, на кожен з яких буде окрема форсунка для розпилення води (Рис 2.1), а також можливість включати в роботу тільки окремі секції та лінії, що дасть змогу більш точно зволожувати повітря в теплиці.

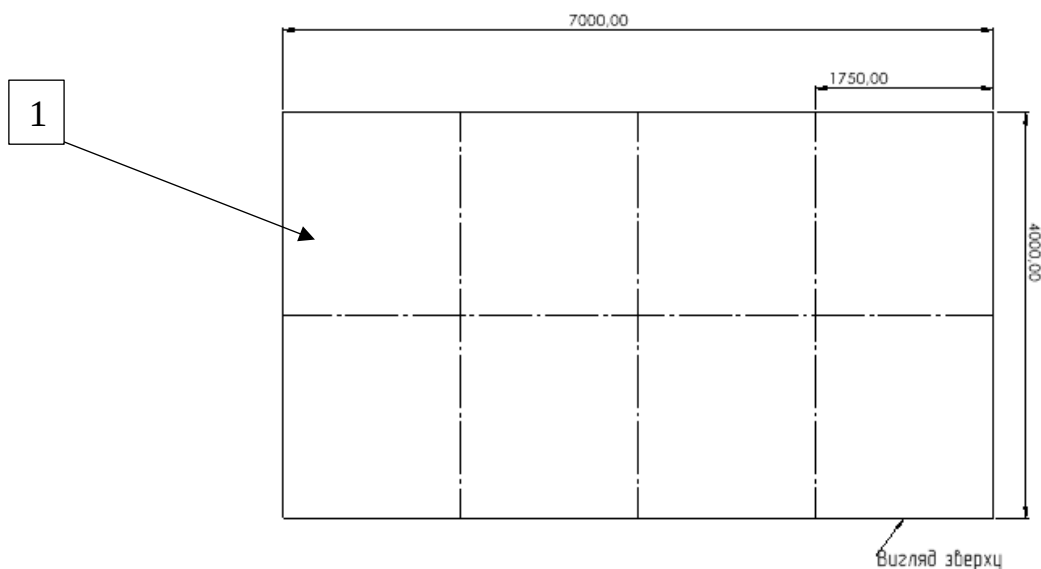
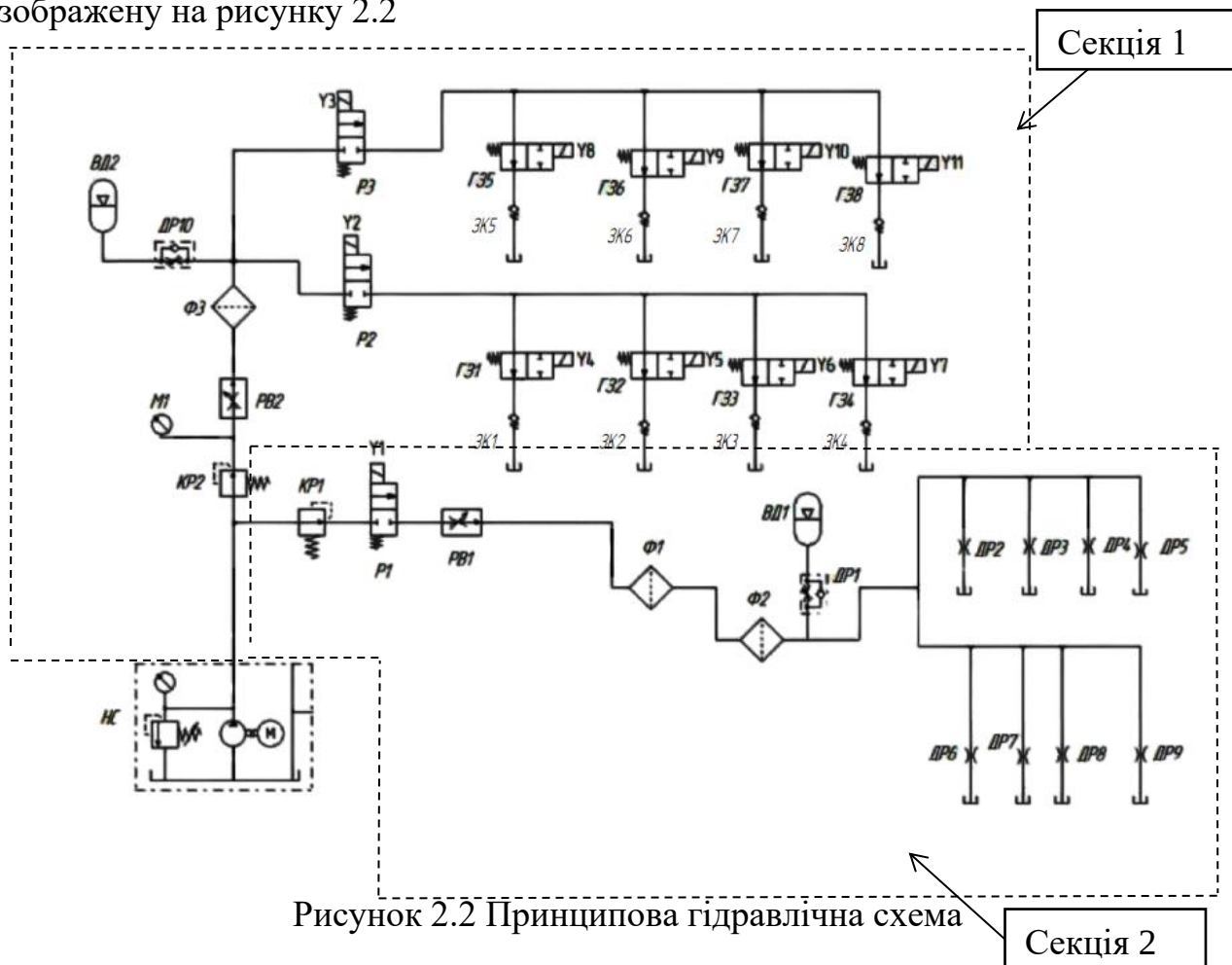


Рисунок 2.1 Габаритні розміри теплиці

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вирішення цієї задачі мною запропоновано гідравлічну схему зображену на рисунку 2.2



2.2 Опис роботи системи

При включенні насосної станції вода подається на редукційні клапани (КР1, КР2), які налаштовані на оптимальні тиски в кожній системі. При перемиканні розподільника Р1 вода поступає в систему через регулятор витрати РВ1, який служить для оптимальної витрати в системі краплинного поливу. Після фільтрації (фільтри Ф1 та Ф2) в воду добавляються добрива (внесення добрив ВД1) за допомогою інжектора «Вентурі», дросель з зворотнім клапаном ДР1 слугує для запобігання витоків води в ємність з добривом. На схемі дроселями (ДР2-ДР9) показані виходи з труби капілярного поливу. Друга секція схеми, система зволоження повітря, також має регулятор витрати РВ2, яка виконує ті ж самі функції, але з іншими параметрами на виході. Розподільник Р2 та Р3 слугують для можливості вмикання потрібної секції для зволоження. На схемі розподільники (ГЗ1-ГЗ8) є гідрозамками, будь

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

який з них при потребі закривається, це зроблено для можливості зволоження тільки потрібної нам секції в теплиці, зворотними клапанами (ЗК1-ЗК8) умовно показані форсунки, в корпуси яких цей клапан є. Система додавання добрив ВД2 ідентична системі ВД1, але використання її в системі зволоження є опціональним.

2.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів

Завдання розрахунку полягає у встановленні діаметрів труб та обчисленні втрат тиску, які відбуваються під час переміщення робочої рідини через труби. Розрахунок буде поділений на дві частини, перша для розрахунку системи зволоження повітря в теплиці (Секція 1 на Рис. 2.2), друга для розрахунку краплинного поливу (Секція 2 на Рис. 2.2). Це буде зроблено для зручності, так як системи мають різні умови для роботи та різні характеристики. Після проведення всіх розрахунків мною буде підібрано все гідравлічне обладнання, яке задовольнить всім вимогам системи.

2.3.1 Розрахунок трубопроводу системи зволоження повітря

Для отримання потрібних значень витрати я провів аналіз існуючих форсунок та вирішив брати для своєї роботи характеристику форсунки від компанії «ikeuchi» (Рисунок 2.3) яка має таку характеристику:

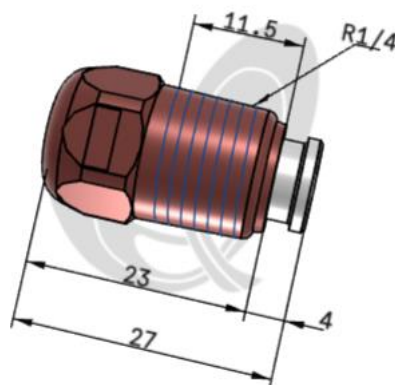


Рисунок 2.3 а) Форсунки від компанії

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трубне з'єднання розмір	R 1/4"
Кут розпилення	80°
Середній діаметр краплі	35 - 60 мкм
Ситечко	В комплекті або в наявності
Стандартний тиск	1 МПа (приблизно 10 бар)
Ємність розпилювача	2,00 - 7,25 л/год
Споживання повітря	-
Діаметр вільного проходу	0,2 - 0,4 мм

Рисунок 2.3 б) характеристика форсунки [10]

Форсунка яка буде використовуватися в кінцевому етапі проекту може дещо відрізнятися від представленої, я приймаю, що витрата в мої роботі на одну форсунку $Q = 10 \text{ л/год}$ або $Q = 0,16 \text{ л/хв.}$

Щоб забезпечити зволоження в теплиці потрібно використати 8 форсунок, виходячи з наявних даних витрата в системі буде, $Q = 1,28 \text{ л/хв.}$

Вибір розмірів трубопроводів:

Модель теплиці з розташуванням труб для зволоження та насосної станції (Рис 2.4) [11]

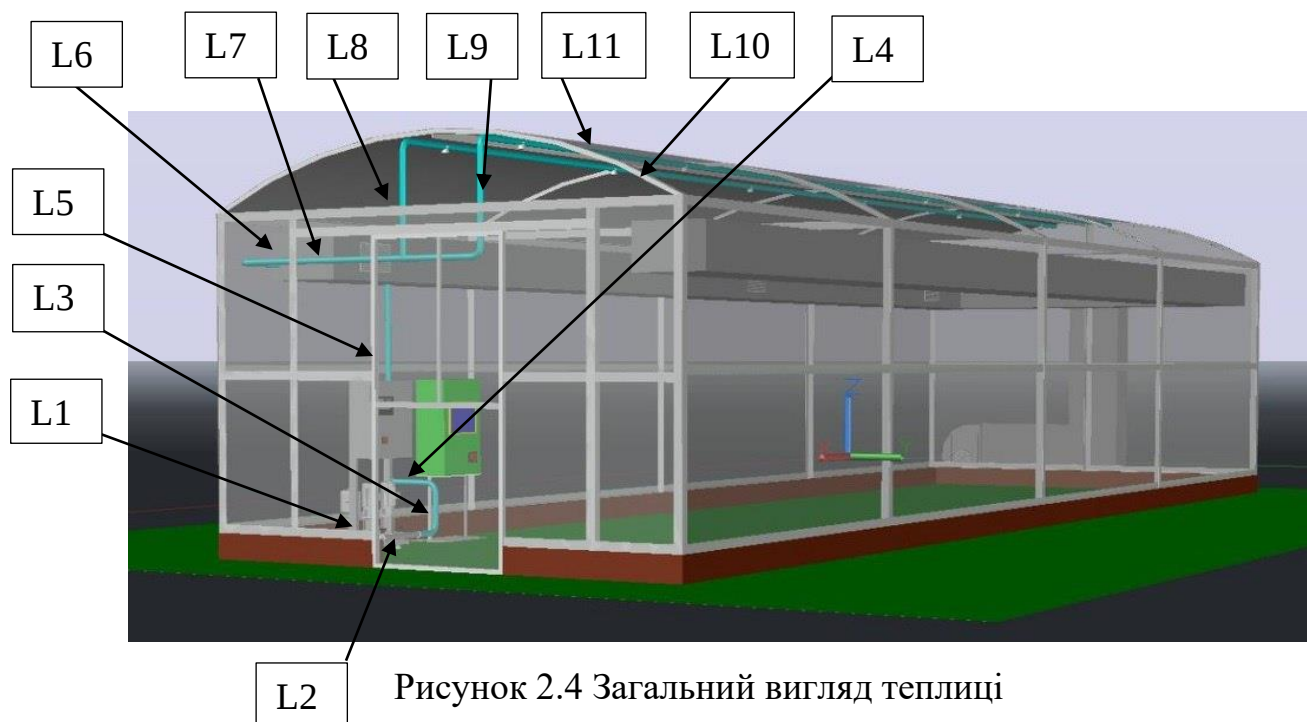


Рисунок 2.4 Загальний вигляд теплиці

Назначаємо довжини трубопроводів:

- Для всмоктувального трубопроводу:

$$l_1 = 0,35 \text{ м};$$

- Для напірного трубопроводу:

$$l_2 = 0,40 \text{ м};$$

$$l_3 = 0,30 \text{ м};$$

$$l_4 = 0,35 \text{ м};$$

$$l_5 = 1,3 \text{ м};$$

$$l_6 = 1,1 \text{ м};$$

$$l_7 = 2 \text{ м};$$

$$l_8 = 0,27 \text{ м};$$

$$l_9 = 0,27 \text{ м};$$

$$l_{10} = 6,80 \text{ м};$$

$$l_{11} = 6,80 \text{ м};$$

Розрахунки слід проводити на ділянках трубопроводу, які мають однаковий рівень витрати. Кожна така ділянка включає в себе трубопровід, оснащений місцевими опорами, такими як трійники, штуцери, коліна, та інші гідроапарати.

Формула для розрахунку внутрішнього діаметру трубопроводу в теплиці [27, с.56]:

$$d_{\text{н}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{мах н}}}{V_{\text{н}}}},$$

де $Q_{\text{мах н}}$ – максимальна витрата на напірній лінії, $V_{\text{н}}$ – середня швидкість потоку рідини на напірній лінії.

Середню швидкість рідини вибирають у залежності від призначення трубопроводу:

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для всмоктувальних $V=1,2 \text{ м/с}$;

для зливних $V=2 \text{ м/с}$;

для напірних $V=3...4 \text{ м/с}$.

Внутрішній діаметр трубопроводів для всмоктувальної лінії від НС визначається за формулою:

$$d_{\text{н}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{максн}}}{V_{\text{н}}}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{-5}}{1,2}} = 0,019 \text{ (м)}.$$

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 приймаємо $d_{\text{н}} = 20 \text{ мм}$.

Внутрішній діаметр трубопроводів для напірної лінії визначається за формулою:

$$d_{\text{н}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{максн}}}{V_{\text{н}}}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{-5}}{3,1}} = 0,011 \text{ (м)}.$$

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 приймаємо $d_{\text{н}} = 10 \text{ мм}$.

За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість руху рідини в трубопроводі [27, с.56]:

Всмоктувальний:

$$V_{\text{в}} = 4 \cdot Q / \pi \cdot d_{\text{т}}^2 = \frac{4 \cdot 2,1 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 0,066 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Напірний:

$$V_{\text{н}} = 4 \cdot \frac{Q}{\pi} \cdot d_{\text{т}}^2 = \frac{4 \cdot 2,1 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,01^2} = 0,267 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2.3.2 Визначення втрат по довжині трубопроводу

Гідравлічні втрати в гідросистемі складається з трьох частин [27]:

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Втрати на гідравлічне тертя Δp_T ;
- Втрати на місцевих опорах Δp_M ;
- Втрати у гідроапаратах Δp_∂ .

2.3.2.1 Втрати тиску на тертя

$$\Delta p_T = (0,5\rho L\lambda V^2)/d_m,$$

де ρ - густина ; λ - коефіцієнт тертя; L - довжина ділянки; d_m - діаметр труби або шланга V - середня швидкість рідини [27, с.57].

Коефіцієнт тертя λ залежить від режиму руху рідини й визначається по числу Рейнольдса [1, с.57]:

$$Re = Vd/\nu,$$

де: V – швидкість потоку рідини; d – внутрішній діаметр трубопроводу;
 ν - кінематична в'язкість рідини;

При ламінарному русі рідини ($Re < 2320$).

З огляду на можливості звуження й скривлення перетину труби при практичних розрахунках приймають [27, с.57]:

$$\lambda = 75 / Re.$$

При турбулентному русі ($Re \geq 2320$) коефіцієнт тертя λ залежить від числа Рейнольдса й від відносної шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають шорсткість $\Delta = 0,03\text{мм}$.

- Вирахуємо втрати на гідравлічне тертя на всмоктувальній лінії ($l=0,35\text{м}$)

$$\Delta p_T = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 0,35 \cdot 0,15 \cdot 0,066^2}{0,02} = 6 \text{ Па},$$

де число Рейнольда $Re = \frac{0,066 \cdot 0,02}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 483 < 2320$ - ламінарний режим руху;

Коефіцієнт гідравлічного тертя з урахуванням місцевого опору:

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda = \frac{75}{483} = 0,15;$$

- Вирахуємо втрати на гідравлічне тертя на напірній лінії ($l = 19,6\text{м}$)

$$\Delta p_T = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 19,6 \cdot 0,07 \cdot 0,267^2}{0,01} = 4890 \text{ Па},$$

де коефіцієнт Рейнольда $Re = \frac{0,267 \cdot 0,01}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 978 < 2320$ - ламінарний режим

Коефіцієнт коефіцієнт гідравлічного тертя з урахуванням місцевого опору:

$$\lambda = \frac{75}{978} = 0,07.$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Розрахунок втрат на тертя по довжині

Номер ділянки	$L, \text{ м}$	$d, \text{ мм}$	$Q, \text{ л/хв.}$	$V, \text{ м/с}$	Re	λ	$\Delta p_T, \text{ Па}$
1	0,35	20	1,28	0,066	483	0,15	6
2	19,6	10	1,28	0,267	978	0,07	4890

Загальні втрати на кожній секції розрахуємо, як суму окремих втрат:

$$\Delta p_T = 6 + 4890 = 4896 \text{ Па}.$$

2.3.2.2 Втрати на місцевих опорах:

Втрати на місцевих опорах визначимо за формулою [27, с.58]:

$$\Delta p_M = 0,5 \rho \xi V^2,$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Місцевими втратами на лінії всмоктування є:

- Вхід у фільтр $\xi = 0,9$.
- Вихід з фільтру $\xi = 0,7$.

Отже маємо:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,0066^2) + (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,7 \cdot 0,0066^2) = 1 \text{ Па.}$$

Місцевими втратами на лінії нагнітання є:

- Вхід у розподільник $\xi = 0,9$.
- Вихід з розподільника $\xi = 0,7$.
- Трійник $\xi = 2,5$ (9 штуки).
- Редукційний клапан $\xi = 2,2$.
- Регулятор витрати $\xi = 2$.
- Вхід у фільтр $\xi = 0,9$.
- Вихід з фільтру $\xi = 0,7$.
- Коліно закруглене $\xi = 0,15$ (8 штуки).
- Гідравлічний замок $\xi = 1,5$ (8 штук).
- Запірний клапан $\xi = 2$ (8 штук).

Втрати на розподільнику:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,267^2) + (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,7 \cdot 0,267^2) = 57 \text{ Па.}$$

Так як в системі встановлено два розподільника сумарна втрата $\Delta p_M = 114$ Па.

Втрати на трійниках:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot (2,5 \cdot 9) \cdot 0,267^2) = 802 \text{ Па.}$$

Втрати на редукційному клапані:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 2,2 \cdot 0,267^2) = 78 \text{ Па.}$$

Втрати на регуляторі витрати:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 0,267^2) = 71 \text{ Па.}$$

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати на фільтрі:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,267^2) + (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,7 \cdot 0,267^2) = 57 \text{ Па.}$$

Втрати на коліно закруглене:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot (0,15 \cdot 8) \cdot 0,267^2) = 42 \text{ Па.}$$

Втрати на гідравлічному замку:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot (1,5 \cdot 8) \cdot 0,267^2) = 427 \text{ Па.}$$

Втрати на запірному клапані:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot (2 \cdot 8) \cdot 0,267^2) = 570 \text{ Па.}$$

Загальні втрати на кожній секції розрахуємо, як суму окремих втрат:

$$\Delta p_M = 114 + 802 + 78 + 71 + 57 + 42 + 427 + 570 = 2111 \text{ Па.}$$

Результати розрахунків заносу до таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Розрахунок втрат на місцевих опорах

Вид опору	Кількість	ξ	Δp_M , Па
Трійник	9	2,5	802
Фільтр	2	1,6	58
Розподільник	2	1,6	114
Редукційний клапан	1	2,2	78
Регулятор витрати	1	2	71
Коліно закруглене	8	0,15	42
Гідравлічний замок	8	1,5	427
Запірний клапан	8	2	570

2.3.2.3 Розрахунок втрат на гідроапаратах

Для розрахунку втрат треба підібрати більшу частину обладнання гідросистеми та взяти значення втрат з каталогів.

- Втрати на регуляторі витрати РПМ-102 [13]:

З характеристики регулятора витрати $\Delta p_{\partial} = 0,03$ МПа.

- Втрати на промивному фільтрі Resideo (Honeywell) FF06-1/2AA DN15 [14]

З характеристики фільтра $\Delta p_{\partial} = 0,001$ МПа.

- Втрати на розподільнику ODE 21W4ZV250 [20]:

З характеристики розподільника $\Delta p_{\partial} = 0,009$ Мпа, так як в системі встановлюється два розподільники то загальна втрата буде $\Delta p_{\partial} = 0,018$ Мпа

- Втрати на гідрозамку Runxin RX pl 24B $\frac{3}{4}$ [15]:

З характеристики гідрозамка $\Delta p_{\partial} = 0,001$ МПа.

Загальні втрати на гідроапаратах в системі зволоження повітря:

$$\Delta p_{\partial} = 0,03 + 0,001 + 0,018 + 0,001 = 0,05 \text{ МПа.}$$

2.3.3 Розрахунок трубопроводу краплинного поливу

Для початку визначають максимальну щоденну потребу у воді з метою перевірки можливостей вододжерела, вибору фільтростанції та решти фурнітури. На півдні України за максимальну щоденну зрошувальну норму приймають 60-70 м³/га. [12]

Я приймаю, що потреба в воді 7 літрів на м² за добу, тобто для моєї площини теплиці, 28 м², максимальне значення витрати в день буде:

$$Q = 196 \text{ л/д} = 0,216 \text{ л/хв.}$$

Вибір розмірів трубопроводу:

Для всмоктувального трубопроводу:

$$l_0 = 0,15 \text{ м;}$$

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для напірного трубопроводу:

$$l_1 = 0,30 \text{ м};$$

$$l_2 = 0,35 \text{ м};$$

$$l_3 = 3,1 \text{ м};$$

$$l_4 = 0,20 \text{ м};$$

$$l_5 = 0,20 \text{ м};$$

$$l_6 = 6,8 \text{ м};$$

$$l_7 = 6,8 \text{ м};$$

Формула для розрахунку внутрішнього діаметру трубопроводу (в теплиці) в теплиці [27]:

$$d_{\text{н}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{мах н}}}{V_{\text{н}}}},$$

де $Q_{\text{мах н}}$ – максимальна витрата на напірній лінії, $V_{\text{н}}$ – середня швидкість потоку рідини на напірній лінії.

Середню швидкість рідини вибирають у залежності від призначення трубопроводу:

для всмоктувальних $V=1,2$ м/ с;

для зливних $V= 2$ м/ с;

для напірних $V= 3...4$ м/с.

Внутрішній діаметр трубопроводів для всмоктувальної лінії визначається за формулою [27]:

$$d_{\text{н}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{мах н}}}{V_{\text{н}}}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{0,0000036}{1,2}} = 0,0079 \text{ (м)}.$$

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 приймаємо $d_{\text{н}} = 8$ мм.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Внутрішній діаметр трубопроводів для напірної лінії визначається за формулою:

$$d_n = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\max n}}{V_n}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{0,0000036}{3,1}} = 0,0049 \text{ (м)}.$$

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 приймаємо $d_n = 5 \text{ мм}$.

За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість руху рідини в трубопроводі:

Всмоктувальний:

$$V_g = 4 \cdot Q / \pi \cdot d_m^2 = \frac{4 \cdot 0,0000036}{3.14 \cdot 0.008^2} = 0,071 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Напірний:

$$V_n = 4 \cdot Q / \pi \cdot d_m^2 = \frac{4 \cdot 0,0000036}{3.14 \cdot 0.005^2} = 0,183 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2.3.3.1 Визначення втрат по довжині трубопроводу

Гідравлічні втрати в гідросистемі складається з трьох частин:

- Втрати на гідравлічне тертя Δp_T ;
- Втрати на місцевих опорах Δp_M ;
- Втрати у гідроапаратах Δp_∂ .

2.3.3.2 Втрати тиску на тертя

$$\Delta p_T = (0,5\rho L\lambda V^2)/d_T,$$

де ρ - густина ; λ - коефіцієнт тертя; L - довжина ділянки; d_m - діаметр труби або шлангу V - середня швидкість рідини.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тертя λ залежить від режиму руху рідини й визначається по числу Рейнольдса:

$$Re = Vd / \nu,$$

де V – швидкість потоку рідини, d – внутрішній діаметр трубопроводу,
 ν - кінематична в'язкість рідини;

При ламінарному русі рідини ($Re < 2320$).

З огляду на можливості звуження й скривлення перетину труби при практичних розрахунках приймають:

$$\lambda = 75 / Re.$$

При турбулентному русі ($Re \geq 2320$) коефіцієнт тертя λ залежить від числа Рейнольдса й від відносної шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають шорсткість $\Delta = 0,03\text{мм}$.

- Вирахуємо втрати на гідравлічне тертя на всмоктувальній лінії ($l=0,35\text{м}$)

$$\Delta p_T = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 0,35 \cdot 0,13 \cdot 0,071^2}{0,008} = 14 \text{ Па},$$

де число Рейнольда $Re = \frac{0,071 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 565 < 2320$ - ламінарний режим руху.

Коефіцієнт гідравлічного тертя з урахуванням місцевого опору:

$$\lambda = \frac{75}{565} = 0,13.$$

- Вирахуємо втрати на гідравлічне тертя на напірній лінії ($l = 17,75\text{м}$).

$$\Delta p_T = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 17,75 \cdot 0,08 \cdot 0,183^2}{0,005} = 4755 \text{ Па},$$

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де коефіцієнт Рейнольда $Re = \frac{0,183 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1,004 \cdot 10^{-6}} = 911 < 2320$ - ламінарний режим

Коефіцієнт гідравлічного тертя з урахуванням місцевого опору:

$$\lambda = \frac{75}{911} = 0,08.$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3

Розрахунок втрат на тертя по довжині

Номер ділянки	L, M	$d, мм$	$Q, л/хв.$	$V, м/с$	Re	λ	$\Delta p_T, Па$
1	0,35	8	0,129	0,071	565	0,13	14
2	17,75	5	0,129	0,183	911	0,08	4475

Загальні втрати на кожній секції розраховуємо, як суму окремих втрат:

$$\Delta p_T = 14 + 4475 = 4489.$$

2.3.3.3. Втрати на місцевих опорах:

Втрати на місцевих опорах визначимо за формулою

$$\Delta p_M = 0,5 \rho \xi V^2,$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору.

Місцевими втратами на лінії всмоктування є:

- Вхід у фільтр $\xi = 0,9$.
- Вихід з фільтру $\xi = 0,7$.

Отже маємо:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,0071^2) + (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,7 \cdot 0,0071^2) = 1 \text{ Па.}$$

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Місцевими втратами на лінії нагнітання є:

- Вхід у розподільник $\xi = 0,9$.
- Вихід з розподільника $\xi = 0,7$.
- Трійник $\xi = 2,5$ (4 штуки).
- Редукційний клапан $\xi = 2,2$.
- Регулятор витрати $\xi = 2$.
- Вхід у фільтр $\xi = 0,9$.
- Вихід з фільтру $\xi = 0,7$.
- Коліно закруглене $\xi = 0,15$ (4 штуки).
- Дросель $\xi = 2$ (8 штук).

Втрати на розподільнику:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,183^2) + (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,7 \cdot 0,183^2) = 27 \text{ Па.}$$

Втрати на трійниках:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot (2,5 \cdot 10) \cdot 0,183^2) = 418 \text{ Па.}$$

Втрати на редукційному клапані:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 2,2 \cdot 0,183^2) = 37 \text{ Па.}$$

Втрати на регуляторі витрати:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 0,183^2) = 33 \text{ Па.}$$

Втрати на фільтрі:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,183^2) + (0,5 \cdot 1000 \cdot 0,7 \cdot 0,183^2) = 27 \text{ Па.}$$

Так як в системі встановлено два фільтри сумарна втрата $\Delta p_M = 54 \text{ Па.}$

Втрати на коліно закруглене:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot (0,15 \cdot 4) \cdot 0,183^2) = 10 \text{ Па.}$$

Втрати на дроселі:

$$\Delta p_M = (0,5 \cdot 1000 \cdot (2 \cdot 8) \cdot 0,183^2) = 268 \text{ Па.}$$

Загальні втрати на кожній секції розраховуємо, як суму окремих втрат:

$$\Delta p_M = 1 + 27 + 418 + 37 + 33 + 54 + 10 + 268 = 848 \text{ Па.}$$

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО100.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків заносу до таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Розрахунок втрат на місцевих опорах

Вид опору	Кількість	ξ	Δp_m , Па
Трійник	10	2,5	418
фільтр	3	1,6	55
Розподільник	1	1,6	27
Редукційний клапан	1	2,2	37
Регулятор витрати	1	2	33
Коліно закруглене	4	0,15	10
Дроселі	8	2	268

2.3.3.4 Розрахунок втрат на гідроапаратах

Для розрахунку втрат треба підібрати більшу частину обладнання гідросистеми та взяти значення втрат з каталогів.

- Втрати на розподільнику Hunter PGV-100G-B [19]:

З характеристики розподільника $\Delta p_{\partial} = 0,009$ МПа.

- Втрати на регуляторі витрати РПМ-102 [13]:

З характеристики регулятора витрати $\Delta p_{\partial} = 0,03$ МПа.

- Втрати на фільтрі Saleplas 1 [16]:

З характеристики фільтра $\Delta p_{\partial} = 0,001$ МПа, так як в системі встановлено два фільтри загальний $\Delta p_{\partial} = 0,002$ МПа.

Загальні втрати на гідроапаратах в системі краплинного поливу:

$$\Delta p_{\partial} = 0,009 + 0,03 + 0,002 = 0,041 \text{ МПа.}$$

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.3.5 Загальні втрати всієї гідросистеми:

$$\Delta p = \Delta p_T + \Delta p_M + \Delta p_\delta.$$

Система зволоження повітря:

$$\Delta p = 0,004896 + 0,002111 + 0,05 = 0,057 \text{ МПа.}$$

Краплинний полив:

$$\Delta p = 0,004489 + 0,000848 + 0,041 = 0,046 \text{ МПа.}$$

Загальні втрати:

$$\Delta p = 0,057 + 0,046 = 0,10 \text{ МПа.}$$

2.4 Підбір гідравлічного обладнання

В цьому розділі я підберу потрібні гідроапарати для реалізації системи зволоження повітря та краплинного поливу в телиці. На зображеннях буде показано реальний вигляд апарату та його позначення на схемі.

- Насосний агрегат Comet MP30 (Рис 2.5):

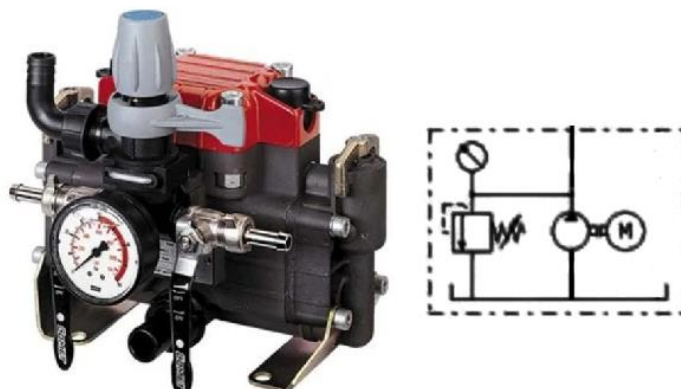


Рисунок 2.5 Насосний агрегат Comet MP30 [17]

Характеристика насоса в таблиці 2.5:

Таблица 2.5

Оберти електродвигуна об/хв	Витрата (Q л/хв) при тиску $p = 0$ бар	Витрата (Q л/хв) при тиску $p = 10$ бар	Витрата (Q л/хв) при тиску $p = 20$ бар	Витрата (Q л/хв) при тиску $p = 30$ бар
400	23,3	21,4	21,3	21,2
450	26,3	24,2	24	23,8
500	29,3	26,9	26,6	26,4
550	32	29,4	29,2	29,2

- Редуктор тиску goetze-481 (Рис 2.6):



Рисунок 2.6 Редуктор тиску goetze-481 [18]

Характеристика редуктора тиску (Рис 2.7):

	Розмір клапана від DN 15 до DN 50 від 1/2" до 2"
	Тиск Тиск на вході: до 40 бар, Тиск на виході: від 0,5 бар до 15 бар
	температура від -20 °C до 120 °C

Рисунок 2.7 Характеристика редуктора тиску goetze-481

Редуктор тиску «goetze-481» підходить для системи зволоження повітря та для краплинного поливу.

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Регулятор витрати РПМ-102 (Рис 2.8):

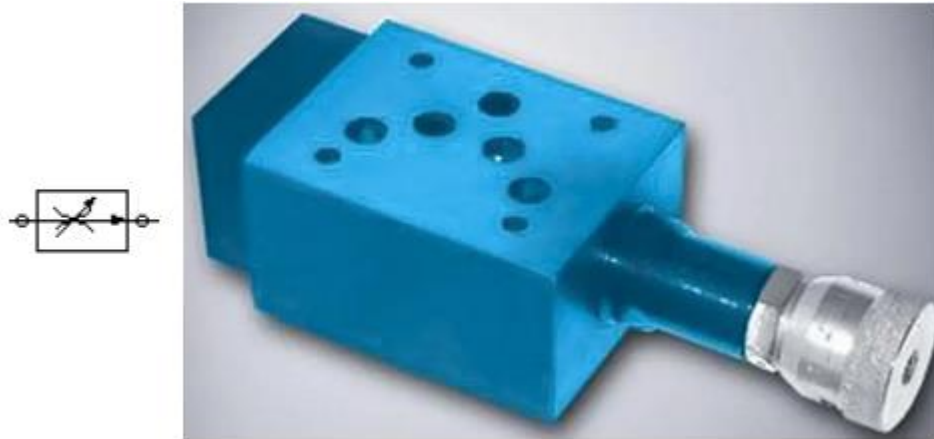


Рисунок 2.8 Регулятор витрати РПМ-102 [13]

Характеристика регулятора витрати:

Умовний прохід, мм: 10.

Мінімально допустима різниця між тисками на вході і виході:

1. при витраті 0,1 л/хв, МПа: 0,3.
2. при витраті 0,1 л/хв до 20 л/хв, МПа: 0,5.
3. при витраті вище 20 л/хв, МПа: 1,0.

Перепад тиску при проходженні номінальної витрати через зворотній клапан, МПа, не більше: 0,6.

Регулятор витрати РПМ-102 підходить для системи зволоження повітря та для краплинного поливу.

- Фільтр промивний Resideo (Honeywell) FF06-1/2AA DN15 для системи зволоження повітря (Рис 2.9)

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.9 Фільтр промивний Resideo (Honeywell) FF06-1/2AA DN15
для системи зволоження повітря [14]

Характеристика фільтра:

Тип з'єднань: зовнішні різьбові.

Монтажне положення фільтра: встановлюється на горизонтальному трубопроводі чашею вниз.

Розмір комірки фільтра: 100 мкм.

Приєднувальний розмір: ½" (DN15).

Продуктивність: 1,5 м³/год.

Робочий тиск: 16 бар.

Габаритні розміри (ДхВ): 140x158 мм.

Вага: 0,7кг.

- Фільтр для краплинного поливу Saleplas 1 (Рис 2.10):

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.10 Фільтр для краплинного поливу Saleplas 1 [16]

Характеристика фільтра:

Перепад тиску на чистому фільтрі, бар 0.1.

Площа фільтруючої поверхні, см² 180.

Продуктивність, м³/год до 6.

Рекомендована промивка при перепаді, бар 0.7 - 0.8.

Ступінь фільтрації, мкм 130.

Тиск вхідної води, бар до 8.

В системі краплинного поливу застосовується два таких фільтри.

- Розподільник для системи краплинного поливу Hunter PGV-100G-B (Рис 2.11)

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.11 Розподільник для системи краплинного поливу Hunter PGV-100G-B [19]

Діаметр: 1" ВР x 1" ВР.

Пропускна здатність: 0,05 - 9 м³/год (0,7 - 150 л/хв).

Рекомендований тиск: 1,5 - 10 бар.

- Розподільник для системи зволоження повітря ODE 21W4ZV250 (Рис 2.12)



Рисунок 2.12 Розподільник для системи зволоження повітря ODE 21W4ZV250 [20]

- Гідравлічний замок Runxin RX pl для системи зволоження повітря (Рис 2.13) [15]

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.13 Гідравлічний замок Runxin RX pl для системи зволоження повітря

Характеристика гідравлічного замка:

Діаметр крана: $\frac{3}{4}$.

Номінальний тиск: 10 бар.

Час спрацювання: 3 сек.

- Форсунка туманоутворення

Було розроблено модель форсунки, на основі форсунки від компанії «Lechler» [21]. На рисунку 2.14 показана 3D модель форсунки.

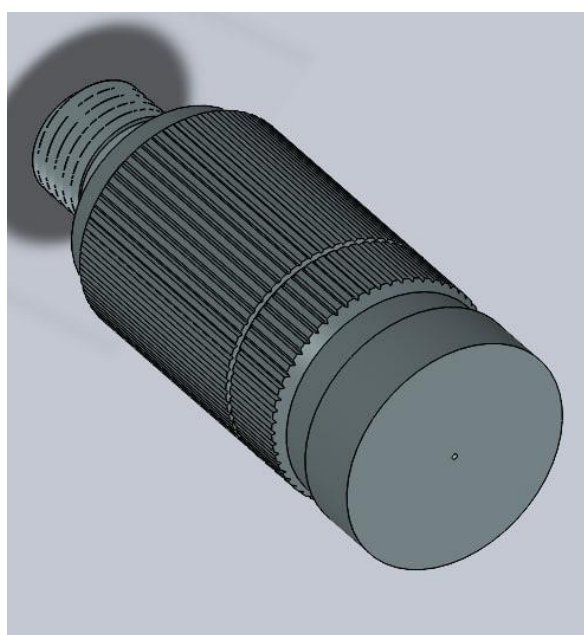


Рисунок 2.14 3D модель форсунки

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика форсунки:

Витрата: 10-15 л/хв.

Тиск: від 10 до 60 бар.

Кут розпилення: 90°.

Матеріал: нержавіюча сталь.

Вбудований зворотній клапан для запобігання виток рідини.

2.5 Схема керування та алгоритм роботи

Для реалізації систем краплинного поливу та зволоження в теплиці було розроблено електричну схему керування (Рис 2.15). Вона включає в собі кнопки включення окремих ліній, реле, замикаючі контакти та електромагніти, які встановлюються на розподільниках та гідрозамках.

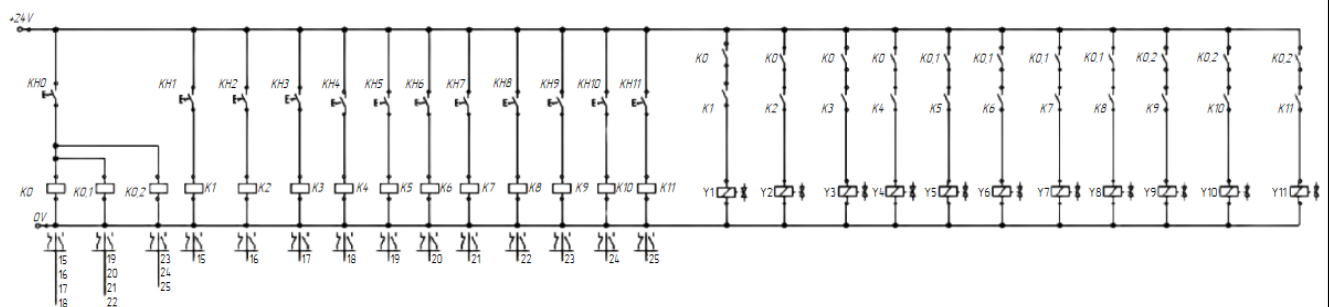


Рисунок 2.15 Принципова електрична схема

Алгоритм роботи електричної схеми полягає в наступному. При натисканні кнопки КНО включається насосна станція та подається живлення на всі гідравлічні елементи з електричним керуванням. При включенні кнопки КН1 розподільник Р1 перемикається в відкрите положення, краплинний палив працює. Кнопка КН2 та КН3 відповідають за включення розподільників Р2 та Р3, які запускають в роботу систему зволоження повітря. Кнопки КН4-КН11 відповідають за закриття гідрозамків.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автоматизації системи керування потрібно встановити датчики вологості повітря (Рис. 2.16) та ґрунту (Рис. 2.17).



Рисунок 2.16 Регулятор вологості гідростат реле ХН-W3005 0-99%

Налаштування регулятора відбувається за допомогою дисплея, на якому виставляються межі вологості повітря. Залежно від поточного рівня вологості і заданих меж, регулятор може автоматично включити або виключити систему зволоження. Наприклад, якщо рівень вологості нижче мінімального порога, система активує форсунки, щоб підвищити вологість. Відповідно, якщо рівень вологості вищий за максимальний поріг, система може включити зволоження або зменшити його інтенсивність.



Рисунок 2.17 Вологомір ґрунту з реле STC-3029 DC12V [29]

Якщо рівень вологості ґрунту нижче встановленої межі, система автоматично активує зрошення для підвищення вологості до необхідного

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівня. Відповідно, якщо вологість вища за потрібну, система може зменшити або зупинити зрошення, щоб запобігти перезволоженню ґрунту.

Використання регуляторів в автоматичних системах зрошення значно підвищує ефективність використання водних ресурсів, забезпечуючи оптимальні умови для рослин і знижуючи витрати на догляд за теплицею.

2.5.1 Моделювання роботи системи

Моделювання роботи системи поливу було реалізовано в програмному забезпеченні «Fluidsim». Зробивши це моделювання, я можу бути впевнений, що система працює коректно. На рисунку 2.18 показана робота системи при включенні насосної станції та розподільників P1, P2, P3, тобто працює система краплинного поливу та система зволоження повітря.

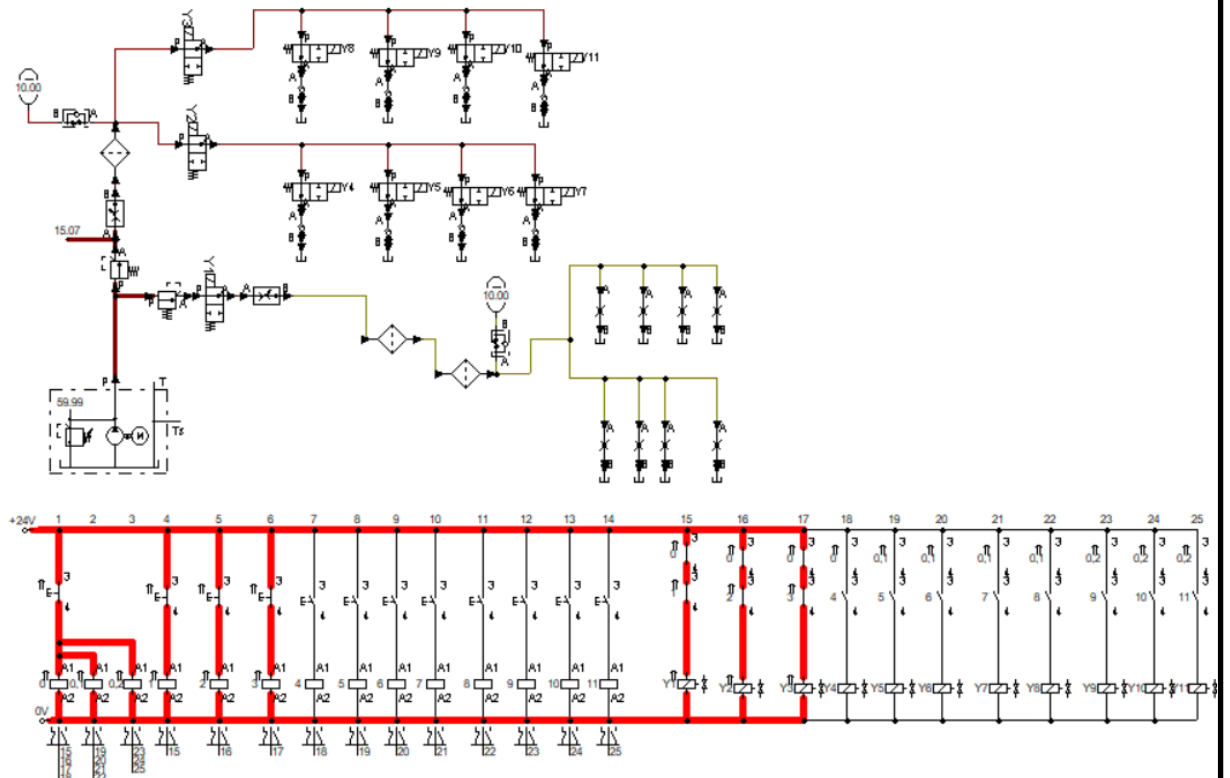


Рисунок 2.18 Робота системи при включенні насосної станції та розподільників P1, P2, P3

Також було перевірено роботу системи при декількох закритих гідравлічних замках (Рис 2.19).

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

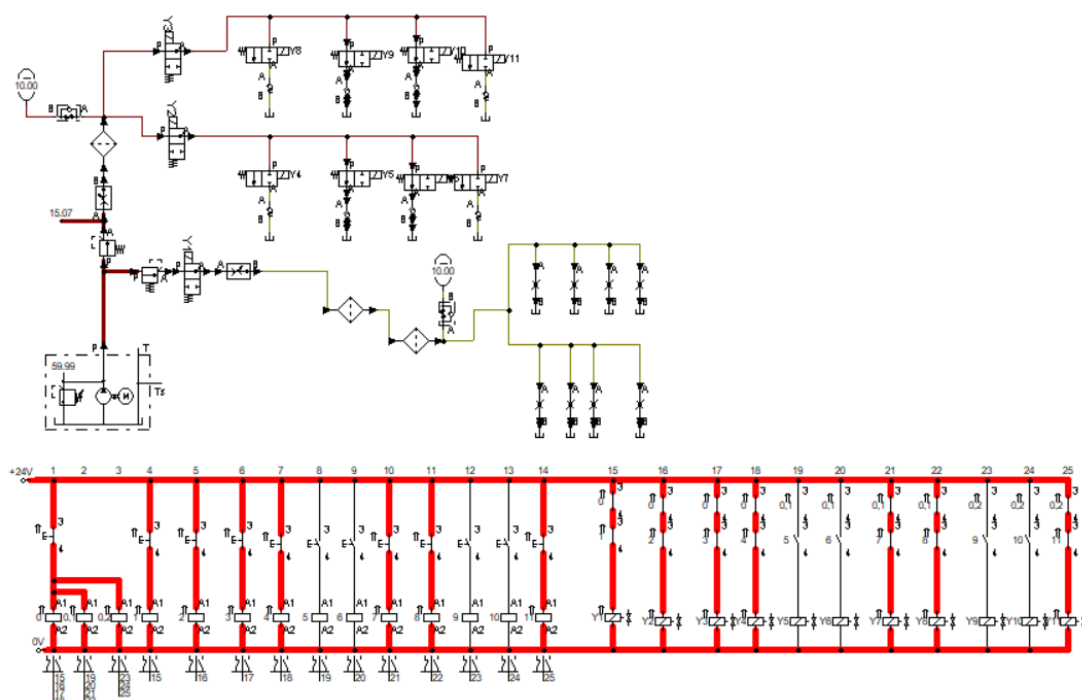


Рисунок 2.19 Робота системи при декількох закритих гідравлічних замках

Після проведення моделювання можна аналізувати різні сценарії роботи системи. Це допомагає не тільки перевірити надійність та ефективність системи в теоретичних умовах, а й прогнозувати її поведінку в реальних ситуаціях, мінімізуючи ризики для врожаю та знижуючи експлуатаційні витрати.

Також важливо враховувати, що до модельованої схеми у Fluidsim інтегрується датчики вологості повітря та датчики вологості ґрунту в систему управління, що робить її автоматизацію ще більш ефективною. В результаті, інтеграція результатів моделювання в реальні системи поливу може значно підвищити їх ефективність та надійність. Попереднє тестування всіх елементів системи за умов, максимально наближених до реальних, забезпечує як економію ресурсів, а й створення оптимальних умов зростання рослин у теплицях.

2.6 Моделювання форсунки

Аналіз розподілу тиску важливий для переконання в тому, що матеріали та конструкція форсунки витримують передбачувані навантаження. Відмінності в тиску можуть вказувати на потенційні слабкі місця в конструкції, де можливі витоку або руйнування. Внутрішня симуляція дозволяє точно налаштувати характеристики форсунки, такі як витрата та тиск, що важливо для досягнення бажаної дрібності та рівномірності розпилення. Симуляцію забезпечує підтвердження того, що форсунка функціонуватиме відповідно до теоретичних передбачень та проектних вимог, що критично важливо перед переходом до виготовлення прототипів. Виявлення потенційних проблем до виготовлення прототипу може значно скоротити витрати на доопрацювання та випробування.

Після побудови 3D модель форсунки, я вирішив провести перевірку її роботи за допомогою програмного забезпечення SolidWorks. Використавши інструмент Flow simulation я змодельовав перетікання рідини та розпилення форсунки.

Задавшись граничними умова з попередніх розрахунків:

$$Q = 10 \frac{\text{л}}{\text{хв}};$$

$$p = 10 \text{ бар.}$$

Отримаємо такі епюри швидкостей, що показано на відповідних малюнках (Рис. 2.20) та тиску (Рис 2.21).

		Гульков К.С.			МАО105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Мирасченко А.М.				52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

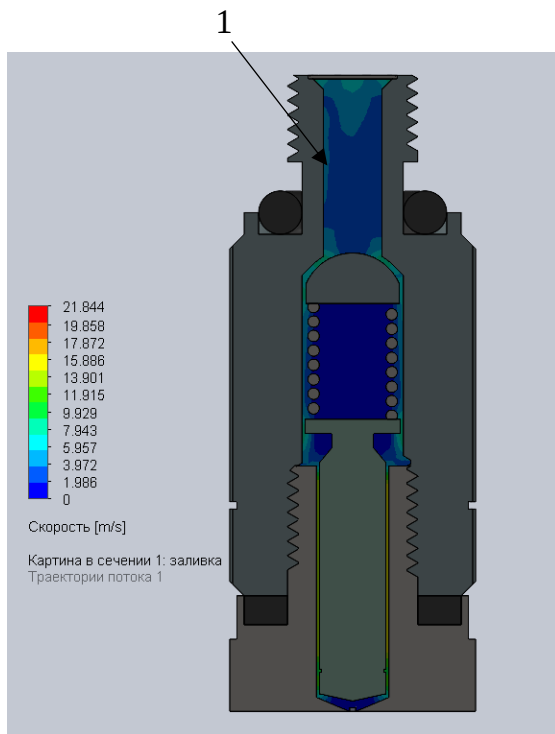


Рисунок 2.20 Епюра розподілу швидкостей (1 – розподіл швидкості рідини на вході)

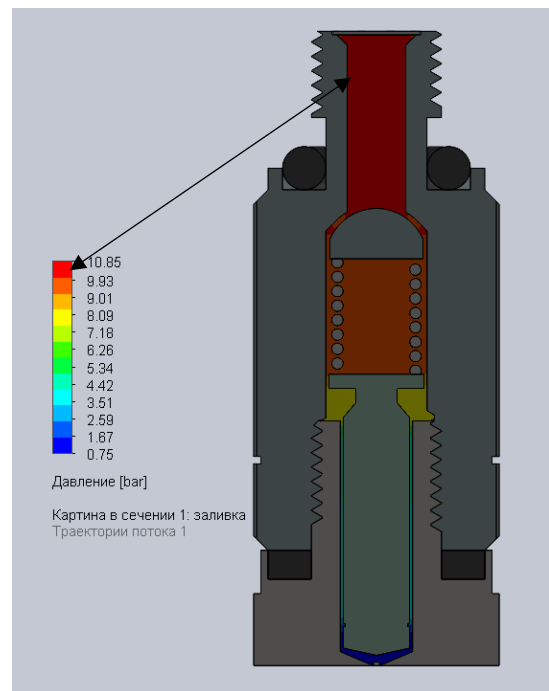


Рисунок 2.21 Епюра розподілу тиску

Після проведення моделювання отримаємо, що максимальна швидкість досягається при проходженні рідини між пістоном та соплом, на виході з форсунки ми маємо приблизні значення швидкості $V = 2$ м/с та приблизні тиски від 0,75 до 1,67 бар.

Наступні граничні умови:

$$Q = 15 \frac{\text{л}}{\text{хв}};$$

$$p = 15 \text{ бар.}$$

Отримаємо такі епюри швидкостей (Рис. 2.22) та тиску (Рис 2.23)

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Миращенко А.М.				53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

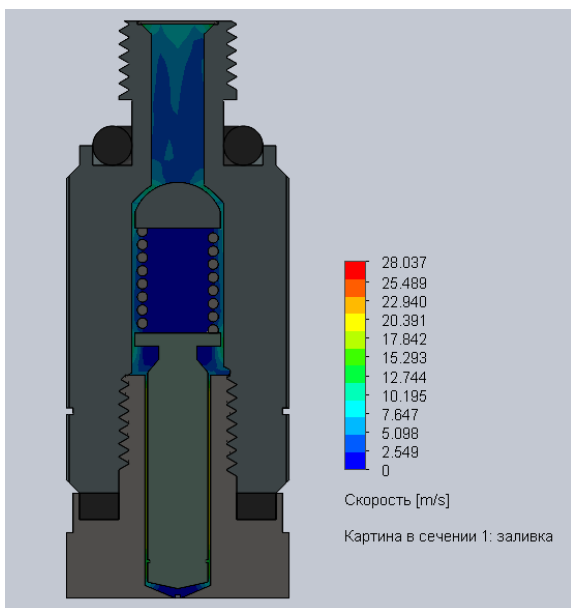


Рисунок 2.22 Епюра розподілу швидкостей

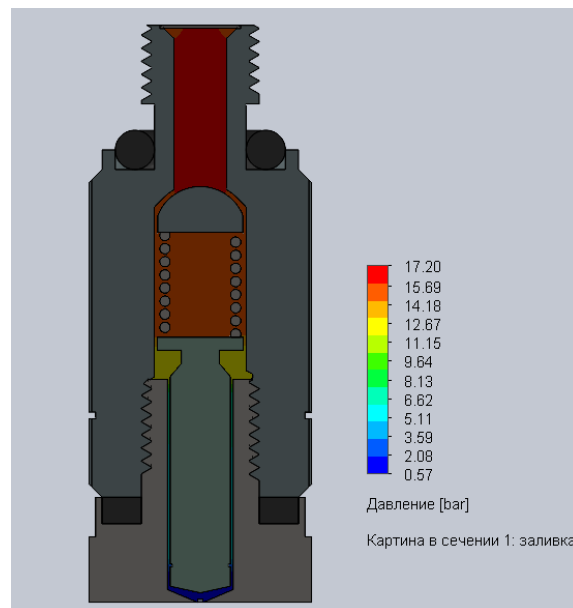


Рисунок 2.23 Епюра розподілу тисків

В наступному експерименті отримаємо, що після збільшення витрати та тиску значно збільшилась швидкість потоку в просторі між пістоном та корпусом форсунки, але при цьому тиски на виході залишились в тих самих діапазонах.

Також візьмемо максимальні значення тиску та витрати:

$$Q = 15 \frac{\text{л}}{\text{хв}};$$

$$p = 60 \text{ бар.}$$

Отримаємо такі епюри швидкостей (Рис. 2.24) та тиску (Рис 2.25)

		Гульков К.С.			МАО105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Миращенко А.М.				54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

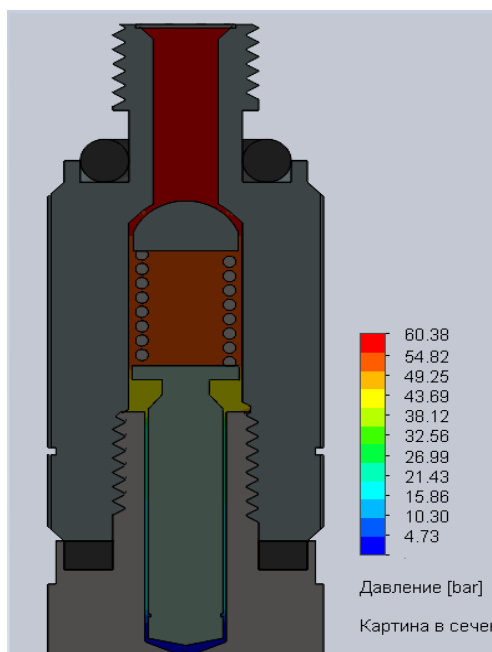


Рисунок 2.24 Епюра розподілу швидкостей

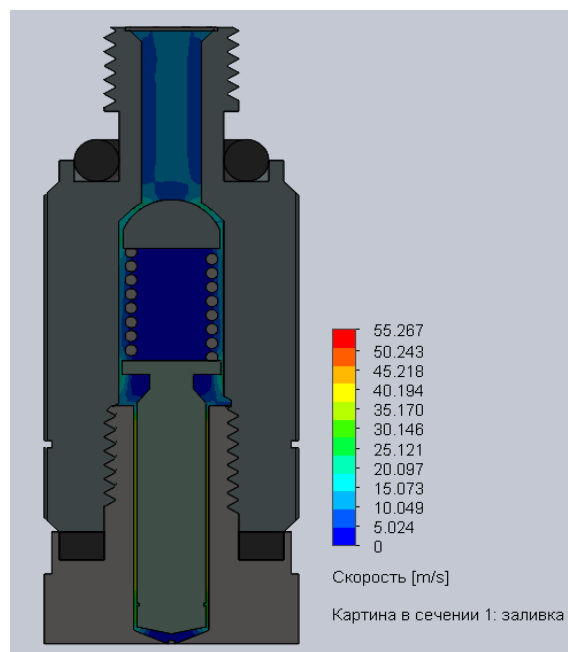


Рисунок 2.25 Епюра розподілу тиску

При заданні максимальних граничних умов тиску та витраті, отримаємо величезну швидкість та дуже великі тиски, що може призвести до поломки форсунки та її некоректної роботи. В результаті отримаємо, що найоптимальніші граничні умови для роботи форсунки є тиск $p = 10$ бар та витрата $Q = 15$ л/хв.

Внутрішня симуляція в SolidWorks, таким чином, надає комплексне уявлення про поведінку рідини всередині форсунки, що дозволяє покращити проект перед його реалізацією та переконатися у відповідності технічним вимогам.

Для демонстрації переміщення води через форсунку була зроблена симуляція траєкторії потоку (Рис 2.26).

		Гульков К.С.			МАО105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Миращенко А.М.				55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

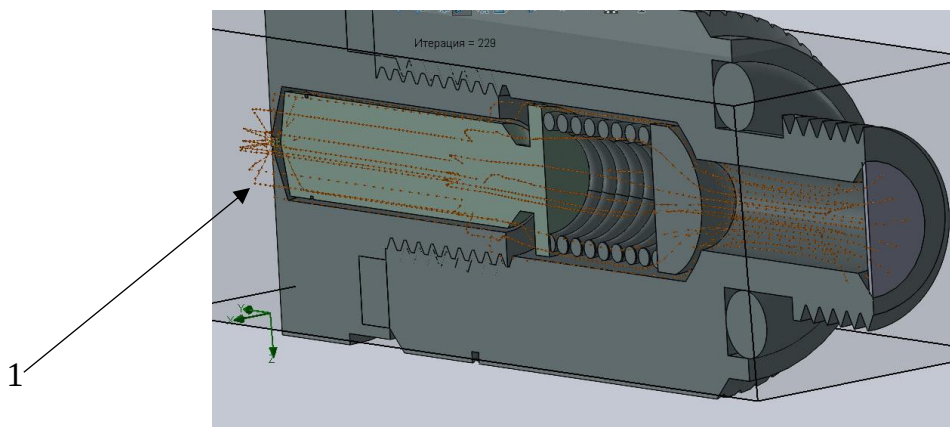


Рисунок 2.26 Траєкторії потоку рідини (позиція 1)

Розуміння розподілу швидкості допомагає в ідентифікації зон, де потік рідини може бути неоптимальним - наприклад, місця, де можливе утворення вихорів або "мертвих зон", які можуть знижувати ефективність розпилення. Це дозволяє модифікувати внутрішню геометрію форсунки для покращення потоку.

Після проведення внутрішніх випробувань я перейшов до симуляції розпилення форсунки, задавши граничними умовами витрати на вході $Q = 10 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$, тиск на вході 10 бар, вихід в атмосферу.

Отримаємо такий ефект розпилення (Рис. 2.27):

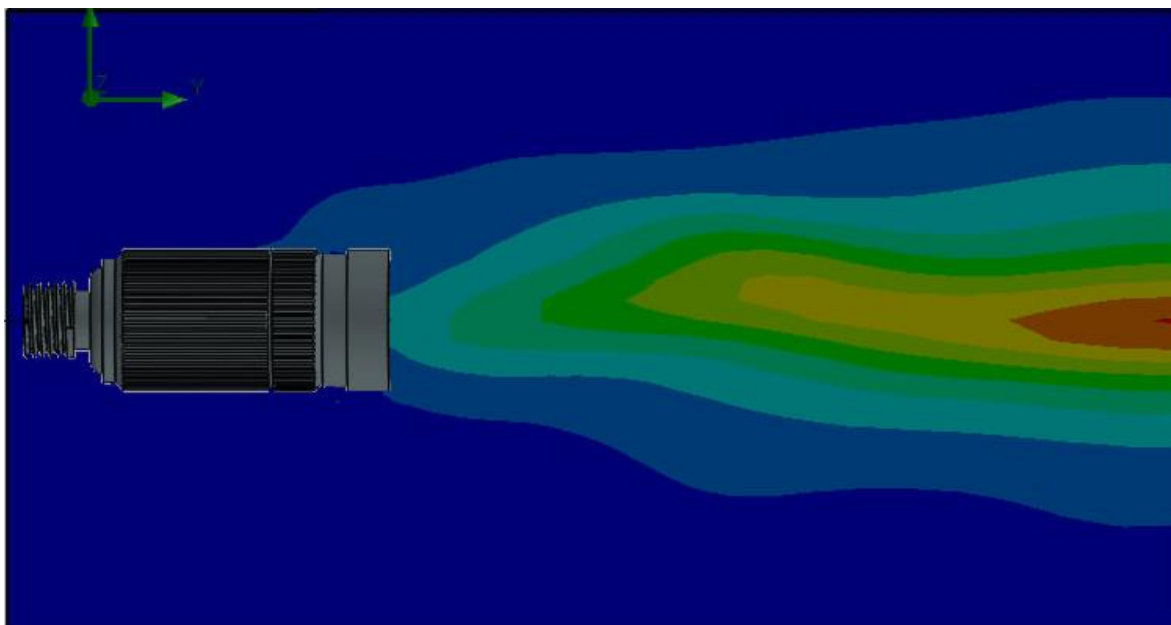


Рисунок 2.27 Ефект розпилення форсунки

Після проведення всіх дослідів в мене є можливість більш детально проаналізувати розроблену форсунку та бути впевненим в її працездатності.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Мирасченко А.М.				56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до розділу другого:

На основі досліджень, проведених у цьому розділі, було виявлено ключові компоненти гідравлічної системи крапельного зрошення та зволоження повітря в теплиці, а також розроблено принципову гідравлічну схему.

Згідно з цією схемою було проведено розрахунки та підбір гідравлічного обладнання. Також були визначені втрати тиску в системі та діаметри трубопроводів. Для керування системами поливу та зволоження була розроблена електрична схема керування, робота якої була промодельована в програмному забезпеченні «FluidSim». Це дало мені впевненість у працездатності запропонованої електрогідравлічної схеми.

Для системи зволоження повітря в теплиці була розроблена форсунка туманоутворення на базі існуючого аналогу, її робота була промодельована в програмі «SolidWorks», що забезпечило мені чітке розуміння відповідності форсунки вимогам системи.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Миращенко А.М.				57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Наступним етапом проєкту по виготовленню вузлів системи зрошування є необхідним написання керуючої програми технології виготовлення на прикладі деталі «Пістон», користуючись рекомендаціями відповідної літератури [30-32].

3.1 Завдання на розробку технологічного процесу

На розробку технологічного процесу була винесена деталь «Пістон» (Рис 3.1), яка є частиною зворотного клапана в форсунці.

3д модель деталі «Пістон»

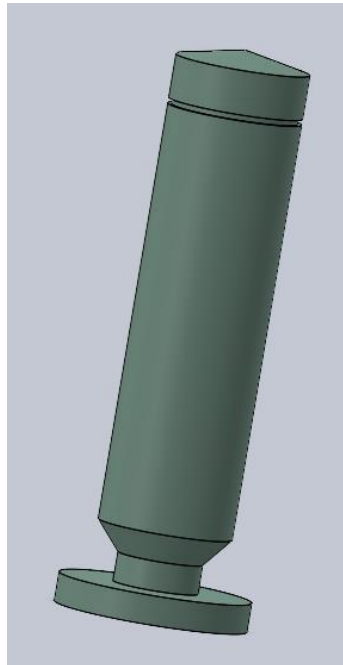


Рисунок 3.1 3D модель деталі «пістон»

3.2 Вибір заготовки

Для реалізації деталі «Пістон» потрібна кругла заготовка (Рис 3.2), матеріал ст. 14X17H2.

$$d = 9,5 \text{ мм.}$$

$$l = 21 \text{ мм.}$$

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Круг нержавіючий і 9,5 ст. 14Х17Н2

Модель: 51266

ціна : 380.00 грн. с НДС за кг

Вага



1



Довжина

1,8

Сума

380

грн с НДС

Рисунок 3.2 Закупівля матеріалу на ринку[22]

3.3 Розробка маршрутного технологічного процесу:

Розробка маршрутного технологічного процесу (Рис. 3.3):

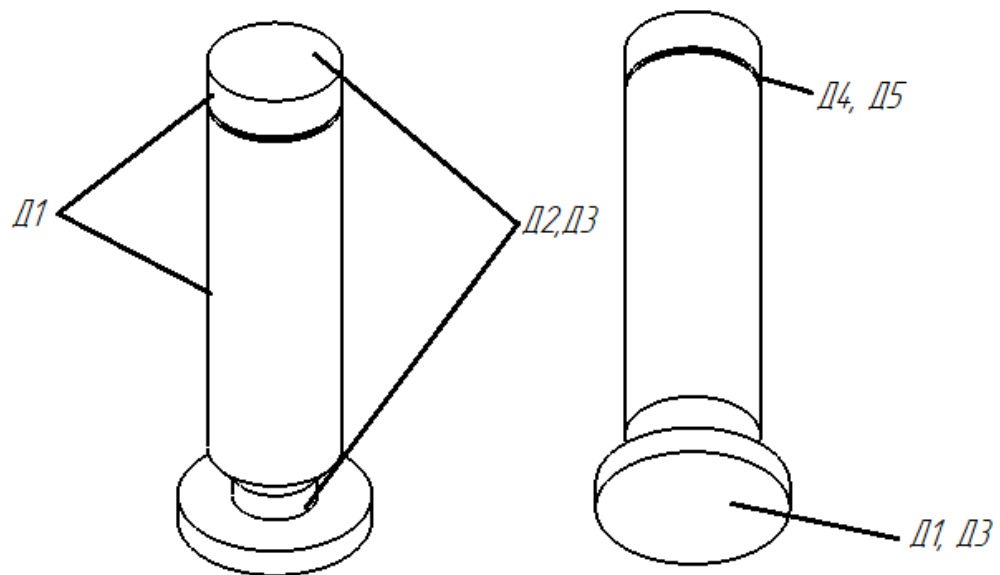


Рисунок 3.3 Розробка маршрутного технологічного процесу

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва поверхні	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Типова технологічна послідовність оброблення поверхні	Характеристики якості поверхонь після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості
Д1	10	Rz 80	Фрезерування чорнове	10	Rz 80
Д1 (1)	10	Rz 80	Фрезерування чистове	10	Rz 80
Д2	10	Rz 80	Фрезерування чорнове	10	Rz 80
Д3	10	Rz 80	Фрезерування чистове	10	Rz 80
Д4	10	Rz 80	Фрезерування чорнове	10	Rz 80
Д5	10	Rz 80	Фрезерування чистове	10	Rz 80

3.4 Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання

- Перший перехід (Д1, Д1(1)) (Рис 3.4).
- Другий перехід (Д2) (Рис 3.5).
- Третій перехід (Д3) (Рис 3.6).
- Четвертий перехід (Д4, Д5) (Рис 3.7).

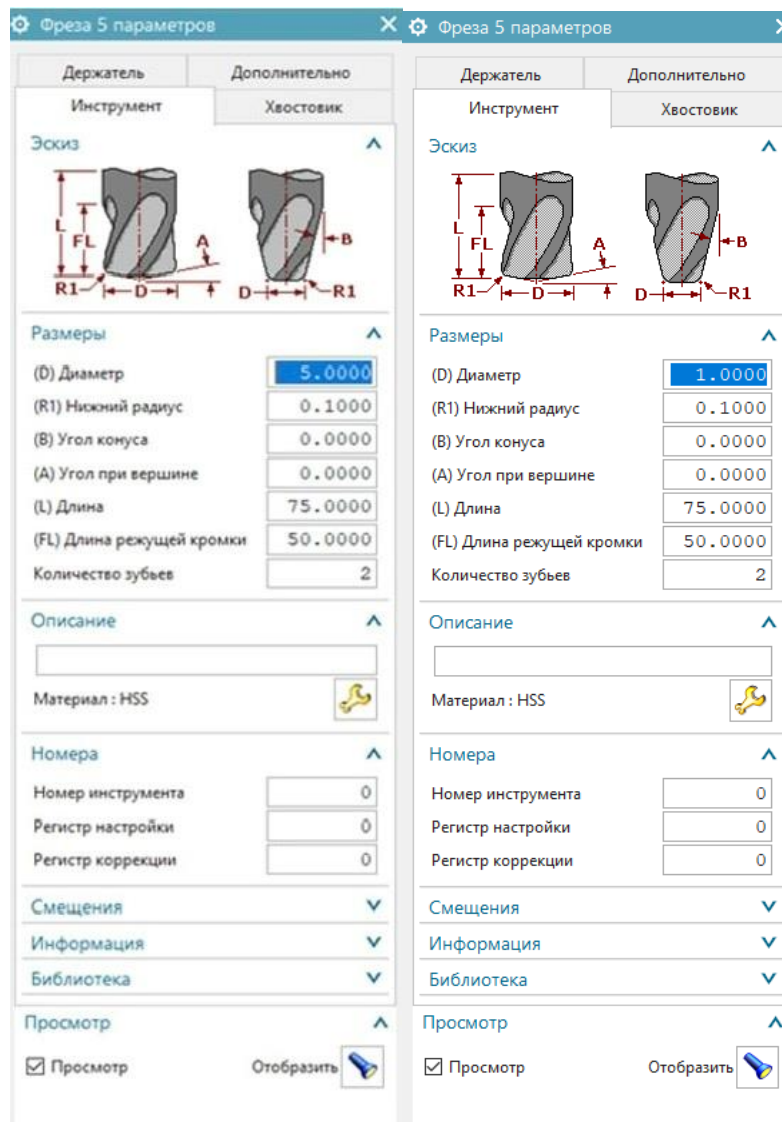


Рисунок 3.4

Рисунок 3.5

Фреза 5 параметров

Держатель

Дополнительно

Инструмент

Хвостовик

Эскиз

Размеры

(D) Диаметр

1.0000

(R1) Нижний радиус

0.1000

(B) Угол конуса

0.0000

(A) Угол при вершине

0.0000

(L) Длина

75.0000

(FL) Длина режущей кромки

50.0000

Количество зубьев

2

Описание

Материал : HSS

Номера

Номер инструмента

0

Регистр настройки

0

Регистр коррекции

0

Смещения

Информация

Библиотека

Просмотр

☒ Просмотр

Отобразить

OK

Отмена

Держатель

Дополнительно

Инструмент

Хвостовик

Эскиз

Размеры

(D) Диаметр

0.1000

(R1) Нижний радиус

0.0000

(B) Угол конуса

0.0000

(A) Угол при вершине

0.0000

(L) Длина

75.0000

(FL) Длина режущей кромки

50.0000

Количество зубьев

2

Описание

Материал : HSS

Номера

Номер инструмента

0

Регистр настройки

0

Регистр коррекции

0

Смещения

Информация

Библиотека

Просмотр

☒ Просмотр

Отобразить

OK

Отмена

Рисунок 3.6

Рисунок 3.7

Вимірювальні пристрої (Рис 3.8):

ATORN Workshop sliding calliper

DIN 862

INOX

- For external and internal measurements
- High-precision laser scale
- Reading parts matt chrome-plated
- Precision-ground and lapped measuring faces
- Measuring jaw ends offset for internal measurements
- Locking screw on top

Rounded measuring faces for internal measurements

Without blade tips

Measurement range mm	Jaw length mm	Vernier mm/inch	Inside measurement from mm	art.no.	€	Calibration art.no.	€
300	90	0.05 / 1/128 inch	10	500619 0300	164,-	070101 0002	14,-
500	150	0.05 / -	20	500619 0500	444,-	070101 0003	19,-
800	150	0.05 / -	20	500619 0800	560,-	070101 0004	42.50

5190

Рисунок 3.8

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендовані режими різання S2000 F800

4.1 Написання управляючих програм

Технологічний процес виготовлення деталі «Пістон» реалізовано в САМ-системі Unigraphics NX у відповідності до загальних умов та рекомендацій, у попередніх пунктах.

- 1 перехід, фрезерування зовнішніх поверхонь (Рис 3.9):

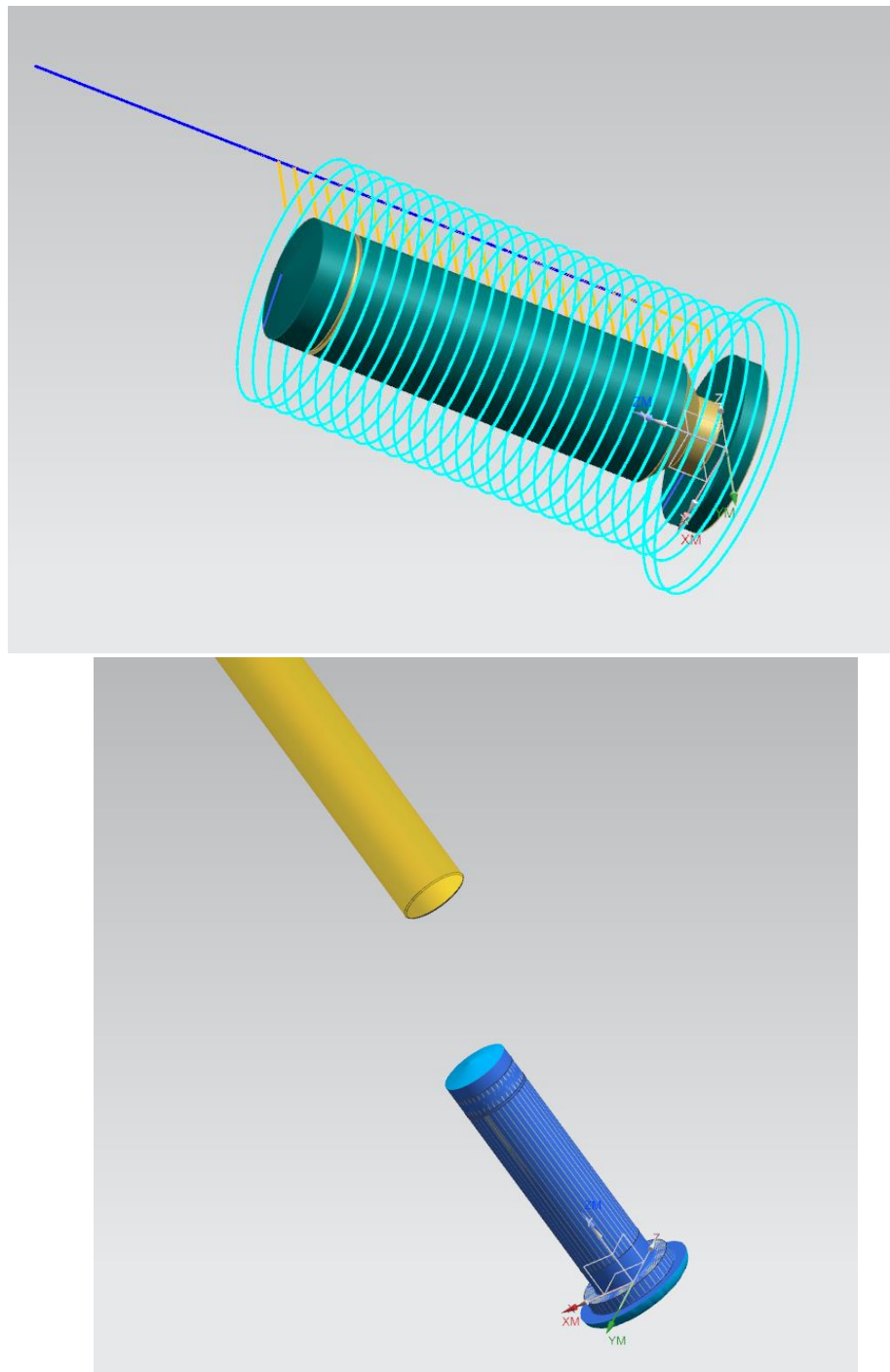


Рисунок 3.9 Фрезерування зовнішніх поверхонь

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2 перехід, фрезерування торців (Рис 3.10):

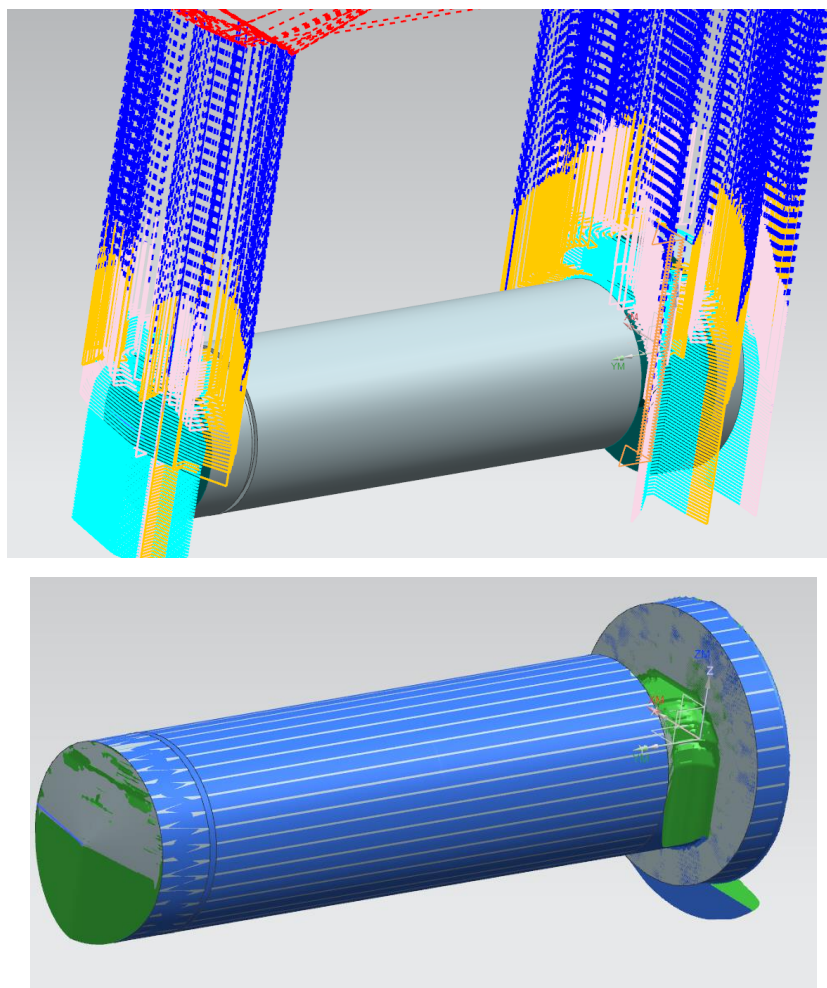
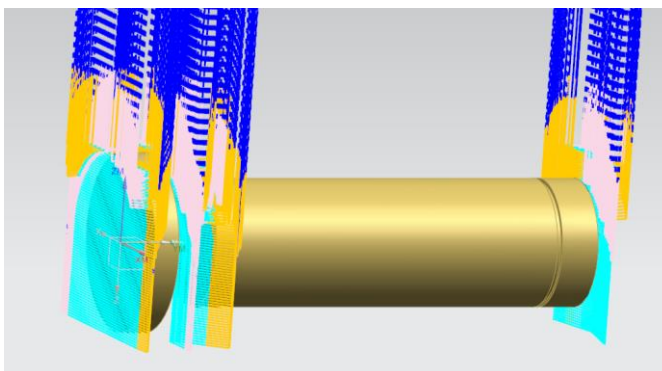


Рисунок 3.10 Фрезерування торців

- 3 перехід обробка торців (Рис 3.11):



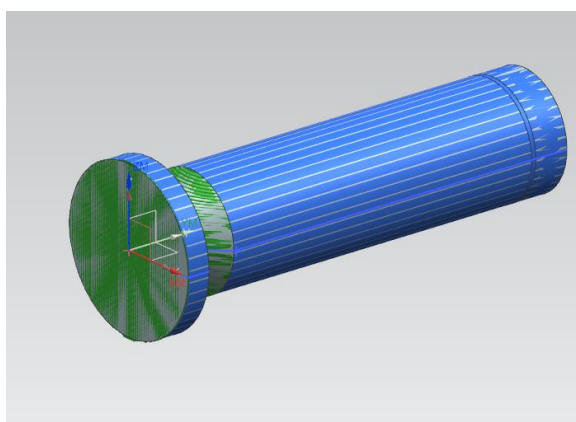
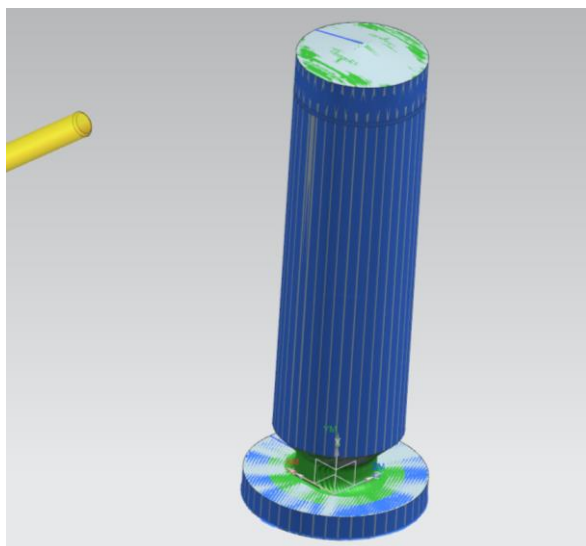
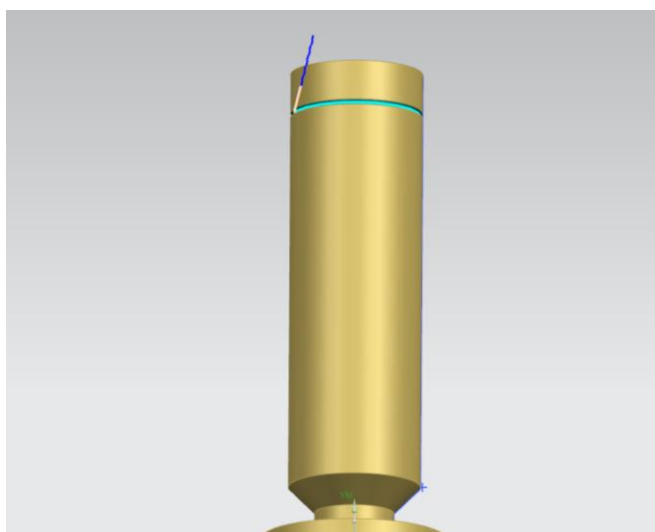


Рисунок 3.11 Обробка торців

- 4 перехід фрезерування паза (Рис 3.12):



		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

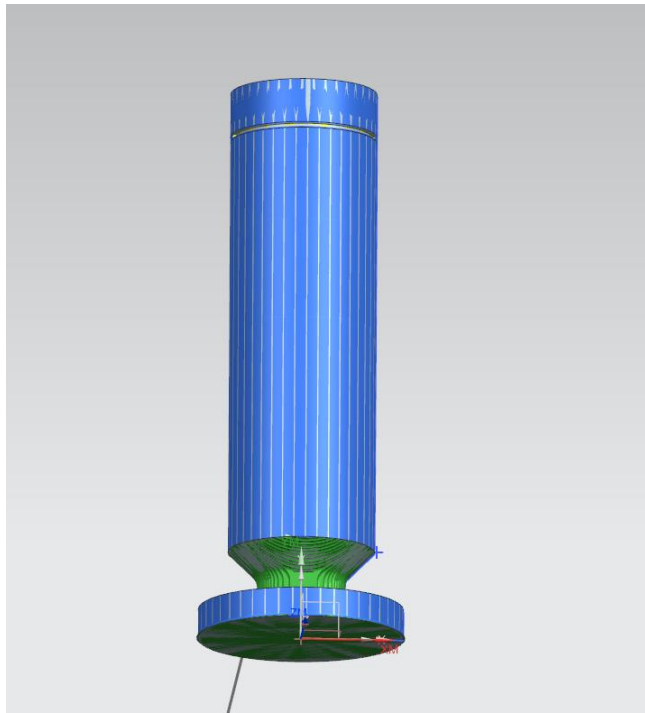


Рисунок 3.12 Фрезерування паза

Висновок до розділу третього:

В третьому розділі роботи мною була розроблена технологія виготовлення деталі «Пістон». За допомогою програмного забезпечення Unigraphics NX була розроблена управляюча програма для станка з числовим програмним забезпеченням, після проведення всіх маніпуляцій потрібно завантажити код в станок та виготовити деталь. Після виготовлення деталі перевірити всі розміри згідно з кресленням, у разі виявлення неточностей внести правки до управляючої програми.

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці являє собою комплекс заходів, що включають соціальні, економічні, організаційні, технічні, санітарні та лікувально-профілактичні аспекти. Ці заходи спрямовані на захист здоров'я та підтримку працездатності працівників на робочих місцях під час виконання трудової діяльності. Цілі охорони праці включають:

- Відбір співробітників для виконання небезпечних робіт, ґрунтуючись на їхньому здоров'ї та психофізіологічних характеристиках;
- Освітні програми та пропаганда знань з охорони праці;
- Забезпечення безпеки обладнання;
- Гарантія безпеки виробничих процесів;
- Захист безпеки будівель та споруд;
- Дотримання встановлених санітарно-гігієнічних норм у процесі праці;
- Надання засобів індивідуального захисту;
- Дотримання оптимальних режимів роботи та відпочинку;
- Організація лікувально-профілактичної допомоги працівникам;
- Поліпшення умов санітарії та побуту на робочих місцях.

Відділ охорони праці є самостійним підрозділом у структурі підприємства та підпорядковується безпосередньо керівнику чи головному інженеру. Цей відділ займається забезпеченням безпечних та здорових умов роботи, запобіганням випадків травматизму та професійних захворювань серед персоналу. [22]

В розділі «Охорона праці» дипломної роботи буде вивчено ключові аспекти встановлення та використання системи автоматичного поливу та зволоження, розробленої в попередніх розділах проекту, призначеної для роботи в теплиці.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ складається з двох частин, перша – охорона праці при монтуванні теплиці, друга – при її експлуатації.

4.1 Інструкція охорони праці при монтуванні теплиці.

Загальні положення

- Для роботи в умовах монтуванні теплиці дозволяється залучати лише тих співробітників, яким виповнилося 18 років. Вони повинні пройти медичну перевірку без виявлення протипоказань, а також мають отримати спеціалізовану теоретичну та практичну освіту. Крім того, необхідне проведення вступного та первинного інструктажу на робочому місці, виробниче навчання та перевірку знань з безпеки праці. Також працівники повинні мати на руках діюче посвідчення, що підтверджує їхнє право на керування машинами та обладнанням.
- Домовтесь з вашим безпосереднім керівником про чіткі межі вашої робочої зони та контролюйте, щоб сторонні особи не перебували в ній.
- Не починайте роботу, якщо ви перебуваєте під впливом алкоголю, наркотиків чи ліків, а також у стані хвороби чи втоми.
- Перед початком роботи переконайтеся у справності вашого спецодягу, перевіrivши, що на ньому немає пошкоджень або елементів, які можуть зачепитися за рухомі частини обладнання.
- Під час зміни регулярно оцінюйте своє здоров'я. При відчутті втоми, сонливості чи раптового болю не змушуйте себе продовжувати роботу; за необхідності використовуйте медичні засоби з аптечки або зверніться по допомогу.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виконуйте лише ті завдання, які вказані у вашому вбранні, за винятком ситуацій, які потребують екстреного втручання. Не передавайте свої обов'язки іншим особам.
- Співробітники повинні регулярно проводитись медичні перевірки.
- Ознайомтеся з зоною для відпочинку. Переконайтеся, що там є доступ до питної води, мила та першої медичної допомоги. Перед тим, як починати їсти, ретельно вимийте руки з милом і висушіть рушником.
- Звертайте увагу на всі попереджувальні знаки та написи у робочій зоні.

Зварювання та покриття плівкою:

- Здійсніть контроль за станом використовуваних інструментів, обладнання та пристроїв.
- Огляньте робочу зону щодо стабільності верстатів і надійності кріплення рулонів плівки.
- Проведіть перевірку електрообладнання, включаючи зварювальний апарат, на справність заземлення, відповідність напруги, працездатність терморегулятора, стан ізоляції кабелю живлення, наявність захисних огорож і попереджувальних знаків.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

- У разі виявлення пожежі, негайно повідоміть пожежну службу, приступіть до гасіння пожежі, почніть евакуацію людей та повідомте про інцидент керівнику підприємства.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- У разі аварії негайно припиніть використання обладнання, залиште приміщення, викличте аварійні служби та оповістите керівника робіт.
- У разі травм, опіків, отруєнь або ураження електричним струмом надавайте першу допомогу, викличте лікаря, організуйте транспортування потерпілого до медичного закладу та одразу повідомите керівника робіт.

Вимоги безпеки після закінчення роботи:

- Приберіть та організуйте своє робоче місце.
- Очистіть інструменти та пристрої від забруднень та розмістіть їх на відповідних місцях.
- Зніміть робочий одяг та взуття, очистіть їх та передайте на зберігання.
- Виконайте необхідні процедури особистої гігієни. [23]

Кожен з працівників зобов'язаний ознайомитись та вивчити всі положення та правила охорони праці. При монтуванні теплиці дотримання всіх норм та вимог є обов'язковим.

4.2 Інструкція охорони праці при роботі в теплиці.

Загальні положення

Співробітник теплиці повинен проходити наступні інструктажі та перевірки:

- Повторний інструктаж з безпеки праці на робочому місці не рідше ніж один раз кожні три місяці.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Позапланові та цільові інструктажі у випадках зміни технологічних процесів, правил охорони праці, заміни або модернізації обладнання, інструментів та умов роботи, при порушенні правил охорони праці, а також після перерви у роботі понад 60 календарних днів (або 30 днів для робіт з підвищеними вимогами безпеки)).
- Проходження стажування.
- Диспансерні медичні огляди відповідно до наказу МОЗ України.

Співробітник теплиці зобов'язаний:

- Дотримуватись встановлених на підприємстві правил внутрішнього трудового розпорядку.
- Дотримуватись вимог інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки та електробезпеки.
- Дотримуватись правил експлуатації обладнання.
- Правильно використовувати та дбайливо ставитися до виданих засобів індивідуального захисту.

Також співробітник теплиці має:

- Вміти надавати першу допомогу у разі нещасних випадків.
- Знати розташування засобів долікарської допомоги, засобів пожежогасіння, основних та запасних виходів, маршрутів евакуації у разі аварії чи пожежі.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи необхідно одягти якісний спецодяг. Важливо ретельно оглянути робоче місце, переконатися, що воно добре освітлене та не заблоковане зайвими предметами.

Далі слід перевірити:

- Наявність та працездатність засобів пожежогасіння та засобів індивідуального захисту.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Стан переносних драбин: наявність інвентарного номера, дати наступної перевірки, а також відсутність сколів та тріщин.
- Надійність огорож для рухомих частин обладнання.
- Справність заземлюючих контактів для електродвигунів, вантажопідйомних механізмів та конвеєрів.
- Стан тари: переконатися, що ручки корзин та відер цілі, без гострих країв. Не використовувати тару з цвяхами або дротом, що стирчать.
- Наявність урн для збирання сміття. [24]

При використанні мінеральних добрив і пестицидів слід дотримуватися таких запобіжних заходів:

- Відкриваючи упаковку з пестицидами, будьте дуже обережні. Паперову та дерев'яну упаковку слід негайно утилізувати шляхом спалювання, а металеву – повернути на склад.
- У процесі роботи важливо дотримуватись максимальної обережності: не знімати захисний одяг і не торкатися руками до обличчя.
- Утримуйтесь від куріння та їди під час роботи. Куріння та їжа дозволені лише під час перерви та у спеціально відведених для цього місцях.
- Якщо пестициди потрапляють на шкіру, негайно видаліть їх за допомогою тампона або вати і промийте зону ураження холодною водою або слабким розчином лугу.
- При появі ознак погіршення здоров'я припиніть роботу, оповістите свого начальника та зверніться за медичною допомогою.
- Не допускайте перебування на робочому місці сторонніх осіб.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

- Почистіть ручні інструменти та обладнання від бруду та рослинності, упорядкуйте робочу зону.
- Вимкніть електроустаткування від мережі.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- При роботі з отрутохімікатами та добривами:
 1. Здайте невикористані залишки отрутохімікатів після закінчення зміни, зафіксуйте це у прибутково-витратному журналі.
 2. Ретельно вимийте руки та обличчя з використанням мила; при необхідності застосуйте слабкий лужний розчин і прополощіть рот.
- Зніміть спецодяг, очистіть його від пилу та розмістіть для зберігання у спеціально відведеному місці.
- Усі виявлені недоліки та порушення слід негайно повідомити майстру (бригадиру) та занести відповідні зауваження в журнал адміністративно-громадського контролю з охорони праці. [25]

Кожен з працівників зобов'язаний ознайомитись та вивчити всі положення та правила охорони праці. При роботі в теплиці дотримання всіх норм та вимог є обов'язковим.

Висновок:

У розділі "Охорона праці" виконано аналіз для ідентифікації загроз здоров'ю та життю співробітників при використанні обладнання, що розробляється. У процесі аналітичної роботи було виявлено такі потенційні небезпеки:

- Ризик, пов'язаний із роботою механічних елементів системи;
- Хімічні ризики;
- Небезпеки, пов'язані із роботою систем під високим тиском;
- Пожежна небезпека

Для кожної з загроз були докладно описані заходи захисту для запобігання травмам, а також надані рекомендації щодо використання спеціалізованого робочого одягу.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту я застосував всі навички, набуті під час навчання. Вміння розробляти гідравлічні системи, проводити їх розрахунок, підбирати гідравлічне обладнання, навички проектування, креслення та моделювання гідравлічних апаратів та систем.

Під час написання першого розділу я ознайомився з вже існуючими рішеннями проектування теплиці, визначив їх недоліки та переваги.

На основі опрацьованої інформації в другому розділі було запропоновано принципову гідравлічну та електричну схеми автоматичного поливу та зволоження в теплиці. Маючи габаритні розміри теплиці було визначено параметри гідравлічної системи для її подальших розрахунків. Після проведення всіх розрахунків, було підібрано гідравлічне обладнання, яке задовольняє вимогам системи.

Запропонована гідравлічна схема була перевірена в програмному забезпеченні «Fluidsim» з використанням електричної схеми керування, після проведення моделювання, я впевнений, що система працює коректно та задовольняє всім вимогам проекту.

Для реалізації системи зволоження повітря в теплиці була розроблена власна форсунка туманоутворення, на основі існуючого аналогу. Була спроектована 3D модель форсунки для перевірки її працездатності за допомогою програмного забезпечення «SolidWorks». Скориставшись інструментом «Flow simulation» було проведено декілька моделювань з різними граничними умовами, тиск та витрата.

В результаті ми можемо оцінити її роботу за допомогою представлених епюр розподілу швидкостей та тиску. Для демонстрації ефекту розпилення форсунки я задавав граничними умовами, які були запропоновані для роботи системи.

Після проведення всіх моделювань я зробив висновок, що запропонована модель форсунки підходить для реалізації проекту та перейшов до технології

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлення однієї з її деталей, пістон. Скориставшись програмним забезпеченням «Unigraphics NX», я розробив управляючу програму для станка з числовим програмним управлінням, відповідно до всіх рекомендації в третьому розділі дипломного проєкту.

У фінальній частині проєкту було проведено аналіз виявлення потенційних небезпек розроблюваної системи та запропоновано заходи щодо запобігання нещасним випадкам у процесі використання та монтажу досліджуваних систем. Крім того, були вибрані відповідні засоби індивідуального захисту для безпеки при роботі з теплицею.

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1]Збірник. Навіщо потрібна теплиця: Плюси та мінуси тепличного вирощування (2023) (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу: <https://novateplica.com.ua/uk/zachem-nuzhna-teplicza-plyusy-i-minusy-teplichnogo-vyrashhivaniya/>.

[2]Збірник питань. Теплиці: що це та навіщо вони потрібні? (2024) (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу: <https://kozak.zapisi.cx.ua/ukraincyam/teplici-shho-ce-ta-navishho-voni-potribni.html>.

[3]Збірник питань. Теплиці: що таке теплиці п'ятого покоління і чи всім вони потрібні? (2023) (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу: <https://agri-gator.com.ua/2023/08/19/shcho-take-teplytsi-p-iatoho-pokolinnia-i-chy-vsim-vony-potribni-eastfruit/>

[4]Збірник питань. Як побудувати теплицю в домашніх умовах: ідеї облаштування своїми руками (2020) (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу: https://lifestyle.24tv.ua/design/teplitsya-z-vikonniham-ram-yak-zrobiti-svoyimi-rukami-vidi-ustanovka_n1429825

[5]Каталог. Теплиця парник Kontrast-10м2 2,5х4м (2024) (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу: <https://daddy-store.com.ua/teplytsia-parnyk-kontrast-10m2-25x4m/>

[6]Збірник питань. Теплиці: Мікроклімат теплиць 5-го покоління за технологією «UltraClima» (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу: <https://unitech-clima.com.ua/ru/klimatychni-systemy/mikroklimat-teplyts-5-ho-pokolinnia-za-tekhnohiiu-ultraclima/>

[7] Каталог. Автоматичні системи теплиць: які бувають і для чого необхідні (2024) (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу: <https://teplitca.kiev.ua/ua/a360381-avtomaticheskie-sistemy-teplits.html>

		Гульков К.С.			МА0105.ДП01.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[8] Збірник питань. Система поливу для теплиці своїми руками: матеріали, інструменти, план робіт(2020) (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу:

<https://cropper.com.ua/ua/sistema-poliva-dlya-teplicy-svoimi-rukami-materialy-instrumenty-plan-rabot/>

[9]Каталог. Концепція автоматизованої системи теплиці на основі продукції akYtec (2021) (електронна стаття). – Режим доступу до ресурсу:

<https://akytec.de/en/blog/greenhouse>

[10]Каталог. Extremely fine fog & ultra-small capacity hollow cone spray (2024) (електронний ресурс) – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.ikeuchi.eu/products/hydraulic-nozzles/hollow-cone-spray-pattern/fine-fog-nozzles/kbn-series/>

[11]Стаття. «Модель об'єкту керування мехатронної системи мікроклімату теплиці середнього об'єму» - Mech. Adv. Technol. Vol. 7, No. 3, 2023, pp. 330–336» – Режим доступу до ресурсу:

<https://journal.mmi.kpi.ua/article/view/290773/289501>

[12]Збірник питань. Методика розрахунку та експлуатація систем краплинного зрошення (електронна стаття) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

<https://propoliv.com/blog/tekhnologii/metodika-rascheta-i-ekspluatatsiya-sistem-kapelnogo-orosheniya/>

[13]Каталог. Регулятор витрати РПМ-102 Салео-Гомель (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

<https://hydrolider.com.ua/ua/p660927991-regulyator-rashoda-rpm.html>

[14]Каталог. Промивний фільтр Resideo (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

https://vodavdom.ua/Product/742?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwu8uyBhC6ARIsAKwBGpTYnDwwRNqs9nAcJBSY1xI4l1EAn5robGl_6sm0ryrvvZTn2owqSsoaAl86EALw_wcB

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[15] Каталог. Runxin RX pl 24B (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

https://teren.ua/ua/runxin-rx-pl-24b-34-kran-s-elektroprivodom/?gclid=Cj0KCQjwu8uyBhC6ARIsAKwBGpQHT7kqkz5pyYr22Dfoc3numt98ZU01K_lcZmu57l1VtSUMOldKqHEaAjLPEALw_wcB

[16] Каталог. Дисковий промивний фільтр Saleplas 1" механічного очищення (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

https://formulavody.com.ua/uk/diskovyj-promyvnoj-filtr-mehanicheskoy-ochistki-saleplas-ispnija-1?utm_medium=tovarka-prosta&utm_source=prosta-tovarka&utm_campaign=prostaaja-torgovaja-rk&gclid=Cj0KCQjwu8uyBhC6ARIsAKwBGpTHbneLPakQiLvX74hBbsv5MGdf4oZ7JvmBmL6BkLRluuORG7178cYaAtHQEALw_wcB

[17] Каталог. Насос Comet MP30 (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

<https://ru.uvc.com.ua/product/nasos-comet-mp30-s-flanczem-y-shkyvom-d247/>

[18]] Каталог. Редукційні клапани з нержавіючої сталі, з різьбовими з'єднаннями (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.goetze-group.com/en/buildings/products/pressure-reducing-valves-for-drinking-water-applications/481-s22787.html>

[19] Каталог. Електромагнітний клапан для поливу (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

<https://poliv-service.kiev.ua/ua/p1333542411-elektromagnitnyj-klapan-dlya.html>

[20] Каталог. Електромагнітний клапан ACL (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

https://nasosvdom.com.ua/uk/elektromagnitni-klapani/elektromagnitnij-klapan-acl-e107eb18-du20-t2617?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwgdayBhBQEiwAXhMxtrdzARiwErRBA8f-TTl5b6RSJeE6MkUAUqlqERHREWM0RHIgCn8e9txoC2P0QAvD_BwE

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[21] Каталог. Розпилювальна форсунка високого тиску 2MN (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.lechler.com/ru/produkcija/assortiment/selkhoztekhnika/specialnyeforsunki/raspylitelnajaforsunkavysokogodavlenija2mn>

[22] Каталог. Круг нержавіючий 9,5 ст. 14X17H2 (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

<https://ambar.org.ua/ru/krug-nerzhaveyushij-9-5-st-14h17n2>

[23] Збірник питань. Охорона праці загальні положення (електронна стаття) (2019) – Режим доступу до ресурсу:

https://vk24.ua/practical_work/okhorona-praci

[24] Збірник питань. Інструкція з охорони праці під час виконання робіт у захищеному ґрунті (електронна стаття) (2017) – Режим доступу до ресурсу:

<https://ohoronapraci.com.ua/instructions/37441-prymirna-instruktsiya-z-okhorony-pratsi-pid-chas-vikonannya-robit-u>

[25] Збірник питань. Інструкція з охорони праці для працівників теплиць (електронна стаття) (2012) – Режим доступу до ресурсу:

http://norma.org.ua/document/regulations_ohrana_truda/instrukcii_po_ohrane_t_ruda/124.php

[26] Збірник питань. Типова інструкція з охорони праці. Робота в теплицях (електронна стаття) (2017) – Режим доступу до ресурсу:

<https://proagro.com.ua/reference/standard/veget/20353.html>

[27] Буслов В. К. Методичні вказівки до курсового проекту за курсом "Проектування об'ємних гідроприводів" для студентів з фаху "Гідравлічні і пневматичні машини" / В. К. Буслов. – Київ: НТУУ "КПІ", 2008. – 80 с.

[28] Каталог. Регулятор вологості гідростат реле ХН-W3005 0-99% (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

https://easyorder.com.ua/ua/p1522348138-regulyator-vlazhnosti-gidrostat.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwsaqzBh

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[DdARIsAK2gqnem1Uuz3z7yEJTT2ZUKSDhdvPPeI2F3KYDnl7eKGhat2_J4WX
26jKUaApKOEALw_wcB](#)

[29] Каталог. Вологомір ґрунту з реле вкл/викл поливу STC-3029 DC12V (електронний ресурс) (2024) – Режим доступу до ресурсу:

https://prom.ua/ua/p2214292639-vlagomer-pochvy-vlazhnosti.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pmax&utm_campaign=Pmax_cpa_50_b2b&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwsaqzBhDdARIsAK2gqnehu_PZchgN0MQBcc9Bdrw-Chb52pAAL3Yf2c3_X0MFCQsUsv7VT2QaAkGjEALw_wcB

[30] Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування: навчально-

методичний посібник/О.У. Захаркін.– Суми: Вид-во СумДУ, 2004. – 98 с.

[31] Основи технології машинобудування / І. Назаренко, А.Т.Свідерський, Р.І.

Рибалко, О.П.Дєдов / Навчальний посібник. Київ, КНУБА, 2010. – 165 с.

[32] Технологія обробки на верстатах з ЧПК [Текст] : навч. посіб. для студ.

машинобуд. спец. вищ. техн. навч. закл. / Гевко Б. М. [та ін.] ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. технології машинобуд. та автомобілів. - Т. : Крок, 2014. - 131 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 126-128. - 300 прим. - ISBN 978-617-692-168-4

		Гульков К.С.			МА0105.ДПО1.00.00.00.ПЗ	Арк.
		Муращенко А.М.				80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		