

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Дослідження показників електронагрівників в тепличному комплексі

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми
навчання освітнього ступеня «Магістр»,
освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Андрій ЩЕСНЯК**

Керівник: кандидат техн. наук, професор

_____ **Людмила МИХАЙЛОВА**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

« _____ » _____ 2025 р.

Гарант освітньої

програми

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____

Павло ПОТАПСЬКИЙ

м. Кам'янець-Подільський, 2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА.....	10
1.1. Виробничо-технічна характеристика господарства.....	10
1.2. Напрямок господарської діяльності.....	11
1.3. Виробничо-технічна характеристика господарства.....	13
1.4. Показники забезпеченості господарства.....	14
1.5. Аналіз стану електрифікації господарства в цілому.....	14
1.6. Обґрунтування вибору теми дипломного проекту.....	17
2. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
2.1. Виробничо-технічна характеристика тепличних комплексів.....	19
2.2. Основні вимоги до забезпечення мікроклімату в тепличних комплексах.....	21
2.3. Аналіз існуючих систем забезпечення мікроклімату.....	22
2.4. Мета і завдання досліджень.....	27
3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОНАГРІВУ ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	29
3.1. Загальні положення.....	29
3.2. Огляд технологій для забезпечення мікроклімату та визначення основних показників мікроклімату.....	29
3.3. Теплофізичний розрахунок теплиці та обґрунтування устаткування для створення мікроклімату.....	30
3.4. Фізико-математична модель формування енергетичного режиму в теплиці з додатковими розробками.....	38
3.5. Управління системи електротермічного устаткування в теплиці на зниженій напрузі.....	43
4. РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБІГРІВУ ПАРНИКОВИХ КОМПЛЕКСІВ.....	45
4.1. Автоматизація обігріву парників.....	45

4.2. Автоматизація технологічних процесів в захищеному ґрунті.....	49
4.3. Проект індукційного обігріву теплиці і парників.....	57
4.4. Автоматизація мікроклімату в теплицях за допомогою програмних контролерів.....	63
4.5. Автоматизація нагрівних установок з використанням регуляторів та програмних контролерів.....	70
4.6. Автоматичне керування мікрокліматом в ангарних теплицях.....	76
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	83
5.1. Аналіз стану охорони праці.....	83
5.2. Моделювання процесів виникнення травм при експлуатації автоматизованого доїльного апарата.....	84
5.3. Планування заходів з покращення охорони праці.....	85
5.4. Оцінка рівня небезпеки виникнення травм.....	87
5.5. Розробка заходів по запобіганню аварій і травм в теплицях.....	92
5.6. Розробка заходів щодо захисту цивільного населення.....	93
6. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ.....	95
7. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ.....	102
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	107
ДОДАТКИ	111

АНОТАЦІЯ

Роботу присвячено обґрунтуванню параметрів електронагрівників тепличного комплексу.

Впровадження автоматизованих систем управління показує, що на етапі проектування системи досить складно вибрати єдиний критерій управління. Тому в системі управління повинна існувати можливість оперативно задати критерій під час експлуатації, причому методи його завдання мають у наочній формі відображати агрономічні, економічні та технічні вимоги до системи. Таким чином, сучасна система управління повинна дозволяти задати не тільки один з перерахованих вище критеріїв управління або їх комбінацію, а й будь-який інший виникаючі в процесі виробництва, надаючи агроному-технологу широкі можливості у виборі методу підтримання температурно-вологісного режиму в теплиці.

SUMMARY

The paper is devoted to the substantiation of the parameters of electric heaters of a greenhouse complex.

The introduction of automated control systems shows that it is quite difficult to choose a single control criterion at the system design stage. Therefore, the control system should be able to quickly set the criterion during operation, and the methods for setting it should clearly reflect the agronomic, economic, and technical requirements for the system. Thus, a modern control system should allow setting not only one of the above control criteria or a combination of them, but also any other arising in the production process, providing the agronomist-technologist with ample opportunities to choose a method of maintaining the temperature and humidity conditions in the greenhouse.

РЕФЕРАТ

ЩЕСНЯК А.О. «Дослідження показників електронагрівників в тепличному комплексі» // Магістерська робота. ЗВО «ПДУ», 2025 – 110 с.

Об'єктом досліджень є тепличний комплекс з використанням електричних систем керування мікрокліматом

Дано коротку характеристику існуючих систем забезпечення мікрокліматом.

В дипломній роботі передбачається застосування сучасних технологій, матеріалів та обладнання Проведено аналіз технології обігріву теплиць ефективними способами. Проаналізовано сучасний стан та перспективи розвитку установок підігріву ґрунту і повітря.

Техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність використання в господарстві запропонованої схеми керування мікрокліматом.

Висвітлено питання охорони довкілля, охорони праці та захисту цивільного населення, дано рекомендації щодо їх покращення.

Ключові слова: зерносушарка, тепловий насос, автоматизація, енергоефективність, сушарка, зерно, насос, система управління, вологість, температура.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ,
СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ**

ВДТ - Візуальній дисплейної термінал;

ВЧ - Висока частота;

ЄМП - Електромагнітне поле;

ІЕМП - Імпульсне електромагнітне поле;

ІЧВ - Інфрачервоне випромінювання; ККД - Коефіцієнт Корисної Дії;

ЛД - Лампа денного світла;

НВЧ - Надвісока частота;

НС - Надзвичайна ситуація;

ПК - Персональний комп'ютер; СО - Система оповіщення.

ВСТУП

З кожним роком в тепличних підприємствах все більша увага приділяється якісному підтриманню мікроклімату. Правильно вибрана технологія підтримки мікроклімату - одна з найважливіших складових, що дозволяють підвищити врожайність. А ефективне використання енергоресурсів - додаткова можливість істотно зменшити собівартість виробленої продукції. Сучасна автоматизована система управління мікрокліматом повинна підтримувати не тільки заданий режим, але й максимально ефективно використовувати можливості виконавчих систем.

В даний час ведеться активна модернізація теплиць, пов'язана з підвищенням кількості виконавчих систем: поділ контурів, модернізація вентиляції, установка систем зашторювання, установка вентиляторів. І чим більше виконавчих систем має теплиця, тим важливіше для неї вибір критерію, що визначає стратегію підтримки мікроклімату. Наприклад, одним з найбільш популярних критеріїв управління є економія теплоресурсів. В даному випадку доцільніше активно використовувати нижні контури обігріву, тому що вони менше всього віддають тепла зовнішньому середовищу. Інший підхід до вибору критерію передбачає підтримку температури у точки росту вище, ніж біля коріння рослини і тим самим передбачає активне використання верхніх контурів обігріву. Ще один критерій управління ґрунтується на тому, що нижній контур повинен підтримувати в кореневій зоні постійну температуру, так званий оптимум, і лише при вичерпаних ресурсах інших виконавчих систем відхилятися від нього.

Досвід впровадження автоматизованих систем управління показує, що на етапі проектування системи досить складно вибрати єдиний критерій управління. Тому в системі управління повинна існувати можливість оперативно задати критерій під час експлуатації, причому методи його завдання мають у наочній формі відображати агрономічні, економічні та технічні вимоги до системи. Таким чином, сучасна система управління

повинна дозволяти задати не тільки один з перерахованих вище критеріїв управління або їх комбінацію, а й будь-який інший виникаючи в процесі виробництва, надаючи агроному-технологу широкі можливості у виборі методу підтримання температурно-вологісного режиму в теплиці.

Переваги системи підігріву ґрунту в теплиці:

- Незначні капіталовкладення при будівництві;
- Постійна готовність системи обігріву до роботи;
- Автоматичний контроль температури ґрунту;
- Простота в управлінні;
- Рівномірний розподіл тепла по всій площі;
- Захищення від вологи;
- Електробезпе́чність;
- Економічність в експлуатації.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

1.1. Виробничо-технічна характеристика господарства

Приватне аграрне підприємство «Вікторія» розташовано в центральній частині Ільєнецького району Вінницької області. Центральна садиба розташована за 23 км від районного центра м. Ільєнець та 85 км від обласного центра м. Вінниця. Найближча залізнична станція знаходиться на відстані 16 км.

Напрямок господарської діяльності - зерно-м'ясо-молочний.

З обласним центром і іншими містами і населеними пунктами області і пунктами збуту, господарство зв'язане дорогами з твердим покриттям. Землекористування господарства розташоване в першому агрокліматичному районі Вінницької області, клімат якого характеризується як теплий, помірно посушливий. Середня температура повітря складає $+7,9^{\circ}\text{C}$ (табл. 1.1). Характерними є високі літні температури (абсолютний максимум складає $+40^{\circ}\text{C}$) і низькі зимові (абсолютний мінімум -32°C). Тривалість без морозного періоду складає 170 днів.

Таблиця 1.1

Середньомісячні температури повітря

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура, $^{\circ}\text{C}$	-5,6	-5,2	-0,4	8,0	15,1	16,6	21,4	20,6	14,9	8,5	1,1	3,2

Сума опадів за рік складає 430...450 мм (табл. 1.2). Основна кількість опадів приходить на весняно-осінній період. Кліматичні умови району характеризуються наявністю сухих вітрів східного і північно-східного напрямків, що роблять вплив на вітрову ерозію і видування посівів.

Вегетаційний період продовжується 210 днів (близько 7 місяців). Польові роботи починаються з 15...20 березня (боронування) і закінчуються в листопаді (оранка зябу). Посів основних культур проводиться в квітні, збирання – у липні.

Таблиця 1.2

Середньомісячна і середньорічна кількість опадів

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За 12рік
Кількість опадів, мм	35	33	28	30	46	53	46	40	28	35	35	41	450

Територія господарства розташована в чорноземній зоні, у підзоні звичайних чорноземів.

Засміченість ґрунту середня. Нижня межа вологості при якій можлива обробка ґрунту – 18%. Найкраща вологість для обробки - 22...27%. При вологості вище 27% сильно зростає опір ґрунтообробним машинам. Питомий опір ґрунту на оранці складає 45...50 кН/м², на культивуванні - 1,5 кН/м², на посіві - 1,4 кН/м². Середній розмір поля 120... 140 га, довжина гонів 900...1100 м. При даних розмірах полів і довжині гонів створюються гарні умови для високопродуктивного використання тракторів.

1.2. Напрямок господарської діяльності

Загальна площа землі в господарстві складає 4699 га, з них ріллі - 4431 га. У господарстві обробляють такі види культур: пшениця озима, кукурудза на зерно і силос, ячмінь яровий, горох, соняшник, овочі, коренеплоди й інші культури. Дані про площі і врожайність оброблюваних культур приведені в таблиці 1.3.

Аналіз таблиці 1.3 показує, що за останні 3 роки врожайність основних культур не стабільна. Це зумовлюється як погодно - кліматичними умовами, так і організаційно-технологічними: відсутність технологічних карт, недотримання термінів посіву і збирання вирощуваних культур, порушення правил агротехніки.

Таблиця 1.3

Площа і врожайність основних культур

Культура	Роки					
	2021		2022		2023	
	Площа, га	Врожайні сть, ц	Площа, га	Врожайні сть, ц	Площа, га	Врожай ність, ц
Пшениця озима	1222	23,6	1265	25,9	1236	27,8
Кукурудза на зерно	298	10,4	160	12,7	270	13,9
Ячмінь яровий	565	180	1015	19,5	583	19,4
Горох	290	11,6	240	13,2	280	14,8
Соняшник	400	9,2	420	15,9	440	8,4
Коренеплоди	60	200	60	200,5	60	250
Кукурудза на силос	282	119	416	162,8	573	105,3
Однолітні трави	342	72	360	66	423	68,4

1.3. Виробничо-технічна характеристика господарства

Для виконання механізованих робіт з вирощування і збирання сільськогосподарських культур господарство на 31.12.2020 року має машинно-тракторний парк, склад якого приведений у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Склад парку сільськогосподарських машин

Марка сільськогосподарських машин	Роки		
	2021	2022	2023
1	2	3	4
Дон-1500	2	2	2
СК-6	6	5	4
СК-5	8	7	7
КСК-100	3	2	2
КСС-2,6	3	3	3
КПІ-2,4	3	2	2
«Херсоніць-9В»	2	1	1
«Херсоніць-200»	1	1	1
Сівалки	29	28	27
Плуги	19	17	16
Культиватори	27	25	25
Зчіпки	12	11	10
Борони	126	104	98
Луцильники	3	3	3
Машини для внесення добрив	6	5	5
Причепи тракторні	33	32	30

Як видно з таблиці 1.4 за останні три роки парк сільськогосподарських машин постійно зменшується. Це зумовлюється також відсутністю коштів на придбання нової техніки. Хоч багато машин застаріли не тільки фізично, але і морально.

1.4. Показники забезпеченості господарства

Таблиця 1.5

Оснащеність господарства

Показник	Значення показника		
	Роки		
	2021	2022	2023
Енергооснащеність, кВт/люд.	34,8	32,5	27,6
Енергозабезпеченість, кВт/га	1,92	1,76	1,61
Тракторозабезпеченість, у.ет.тр/1000 га	8,61	7,41	6,81
Машинозабезпеченість, грн/грн	1,62	1,54	1,33
Балансова вартість с.г. машин, тис.грн.	965	802	620
Загальна балансова вартість МТП, тис.грн	1561	1323	1086

Аналіз таблиці 1.5. показує, що за рахунок зменшення кількісного складу енергетичних засобів зменшилися всі показники оснащеності господарства. Незважаючи на те, що вони і були нижче нормативних, то зараз це просто критичне положення.

1.5. Аналіз стану електрифікації господарства в цілому

Всього в приватному аграрному підприємстві «Вікторія» працює 58 людей, з них: 4 - керівний склад, 22 - спеціалісти, 2 - службовці, 30 - робітники.

Електроенергія в підприємстві подається по лініях 10 кВ зі сторони Ільєнця при нормальному режимі. В аварійних випадках можлива подача електроенергії зі сторони Вінниці.

Частина трансформаторних підстанцій потребують капітального ремонту та реконструкції. Всі ПС-110/10 кВ та ПС-35/10 кВ оснащені дистанційним керування, яке дозволяє вразі відключення фідера ввімкнути його з диспетчерської. В разі пошкодження фідера 10 кВ електропостачання споживачів можна здійснювати по інших фідерах провівши відповідні переключення. Також до електромереж Борщівського РЕМ приєднані електромережі ПЛ - 10 кВ, ПЛ -0,4 кВ – 28 фідера, загальна довжина яких становить - 120 км, та трансформаторні підстанції 10/0,4 кВ – 7 шт. вони теж потребують ремонту.

При ремонті ліній електропередач напругою 0,4 кВ виконано такі роботи:

- замінено 78 проміжних опор.
- складних опор - 1 шт.
- замінено 1,14 км проводу (в один провід).
- ізоляторів - 23 шт.
- замінено 2 вводи в житлові будинки на кабель або ізольований провід.
- замінено два перевантажених трансформатори та два недовантажених, відремонтовано 1 трансформаторів.
- відремонтовано 2 роз'єднувача трансформаторних підстанцій, замінено 2 автоматичних вимикача та 1 рубильник. В цілому на капітальний ремонт електроустановок та ліній електропередач на даний час використано 48 тис. 411 грн.

Всі ремонтні роботи проводяться, як на місці встановлення електрообладнання, так і на пункті технічного обслуговування, який розміщений в селі Дашів. При необхідності персонал служби ремонту

залучають до ліквідації наслідків аварій в електроустановках на території господарства.

На обліку електротехнічної служби господарства налічується 326 двигунів різної потужності та інше електроустаткування.

За 2023 рік приватне аграрне підприємство «Вікторія» споживало 289564 кВт·год. електроенергії. Найбільш потужним споживачем електроенергії господарства являється тепличне господарство і тракторний парк з майстернею. Вони споживають за місяць в середньому в теплу пору року 1956 -3420 кВт·год. Розширення тепличного господарства передбачає додатково енергоспоживання на 3100-6480 кВт·год .

Багато електроенергії споживається господарством під час жнив. За літні місяці споживалось 6-7 тис. кВт·год., а на протязі жнив в серпні місяці було 12 тис. кВт·год. електроенергії по всьому господарстві.

До приватного аграрного підприємства «Вікторія» входять декілька підрозділів, які розміщені в ряді сіл. Це, зокрема, такі села, як Слободище, Кальник, Китайгород та Жадани.

В селі Дашів розміщений млин, тракторна бригада, зернотік, ферма ВРХ, тепличне господарство.

Тракторна бригада має свою майстерню по ремонту, наладці автотракторної техніки, зварювальний пункт. На території тракторної бригади знаходяться 30 колісних і 16 гусеничних тракторів, 28 автомобілів, 10 комбайнів. На території зернотоку розміщені зерносклад, навіси для зерна, зерноочистносушильний агрегат КЗС-20Ш, а також різні приміщення для зберігання інструменту, обладнання, запасних частин, пересувних машин та іншої техніки.

На території тепличного господарства розташовані: парники, насосна станція, склад готової продукції, теплиця для розсади, теплиця для помідорів, теплиця для огірків, побутово-виробничі приміщення та майстерня.

1.6. Обґрунтування вибору теми дипломного проекту

Непродумана, безпрограмна реорганізація сільськогосподарського виробництва в нашій країні приставила увесь вітчизняний агропромисловий комплекс у стан тривалого занепаду, а національні продуктивні сили до неоправданого занепаду. Недолугість державної аграрної політики, стихійне та антинаціональне так зване реформування земельних відносин призвели до знищення товарних господарств та виробничих агропромислових комплексів, які були створені працею мільйонів людей.

Селянин опинився на своєму невеличкому клаптику землі без засобів та знарядь праці. Колишні радгоспи і колгоспи розпались на дрібні натуральні господарства при знищеній системі виготовлення технічних засобів землеробства для великих господарств і не створеній для дрібних. У Вінницькій області, де дух колективізму у селян має сильніше коріння, як в інших областях України, ефективніше розпочалось формування великих товарних господарств, прикладом якого є “Вікторія”. Але на шляху розвитку таких господарств є ряд перешкод. Якщо в цій ситуації пробувати повторювати шлях прогресу аграрно - розвинутих країн світу, то, значить, приректи себе на довічні здогони.

Тепличний парниковий комплекс господарства вимагає розширення у зв'язку із зростанням попиту на ринку товарів на вирощувані ним продукти. Придбати нові калориферні установки складно, оскільки випуск їх практично згорнуто та і ефективність їх застосування – це уже день вчорашній, бо наявні моделі давно морально застаріли.

Вихід тут є лиш один – застосовувати новітні досягнення творчої наукової та технічної мислі і зрушити прогрес на випередження інших

країн із застосуванням нових конструкційно простих засобів, базованих на нових принципах роботи.

Тема дипломної роботи, яка названа не проектом а роботою, оскільки носить науково-пошуковий характер, викликана потребою господарства стати на рівень потужного товаровиробника рослинницької і тваринницької продукції. Вибір індукційного способу обігріву теплиць зроблено на підставі вивчення результатів наукового та виробничого пошуку [1, 2, 4, 6, 11, 13, 16, 17, 19, 27].

Індукційний спосіб обігріву вибрано з тих умов, що для нього потрібно старі, навіть непридатні для експлуатації залізні труби, які в господарстві є в достатній кількості. Вкладені кошти на придбання пускової та захисної апаратури окупляться за рахунок енергоспоживання в години провалу графіку навантажень. Запропоновані в роботі способи розрахунку та конструктивного вирішення питань встановлення індукційних нагрівників ґрунту і повітря в парниках та теплицях найде своє розповсюдження і прискорить техніко-технологічний прогрес подібних господарств.

2. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Виробничо-технічна характеристика тепличних комплексів

Вирощування багатьох сільськогосподарських культур можна вести в захищеному ґрунті, який оснащений устаткуванням, що забезпечує створення мікроклімату, що створює сприятливі умови для зростання рослин незалежно від стану зовнішнього середовища.

Захищений ґрунт ділиться на утеплений ґрунт, парники і теплиці.

Теплиці - вид споруд, призначений в першу чергу для вирощування розсади овочевих культур, саджанців і іншого. Нині найдоцільніше застосовувати ті тепличні приміщення, які є найменш енерговитратними спорудами.

Так звані ребристі радіатори з термостатами - надійні і міцні. Регульоване тепло розподіляється по довгому корпусу. У теплицях, в яких утримується температура вище 10°C, незалежно від потужності обігрівача слід передбачити нічне пониження температури.

Для теплиць підійде і водяне опалювання, що працює від електрики і обігрів за допомогою електрокалориферів.

Проблемою ведення тепличного господарства зазвичай є невиправдано великі витрати на традиційні енергоресурси.

При цьому доцільним є електричний обігрів в парниках і теплицях, що має ряд цінних переваг перед іншими традиційними видами обігріву (можливість тонкого регулювання температурних режимів, використання для обігріву одного виду енергії, значна економія витрат праці і багато що інше).

Споруди закритого ґрунту поділяються на утеплений ґрунт, парники і теплиці.

Утеплений ґрунт — це земельні ділянки, що можуть обігріватися чи не обігріватися, призначені для вирощування розсади і ранніх овочів.

Ґрунт, що не обігрівається, має малогабаритні плівкові покриття або переносні покриття з матів, ряднини, плівок, які використовуються для захисту городини вночі чи в період різких похолодань. Єдиним джерелом тепла є сонячна енергія.

Для ґрунту, що обігрівається, джерелом тепла може бути сонячна енергія, біопаливо (свіжий гній, рослинні відходи), а також гаряча вода й електрична енергія.

Парники - це повністю або частково заглиблені в ґрунт каркасні споруди невеликої площі з прозорим покриттям. Парники призначені для вирощування розсади для відкритого ґрунту і отримання ранніх овочів. Парники глибиною 0.4...0,8 м, шириною 1,4 м будь-якої довжини виготовляють з дерева або бетону і закривають скляними і плівковими рамами, а на ніч і під час похолодань - додатково солом'яними матами товщиною 5—6 см. Ґрунт у парниках обігрівається сонячною енергією, біопаливом, гарячою водою або електроенергією. Останній спосіб найбільш зручний для автоматизації.

Теплиці - це найдосконаліший і технічно оснащений вид споруд закритого ґрунту. Теплиці, що входять до складу тепличних комбінатів або експлуатуються як окремі споруди, згідно з агротехнічними вимогами поділяють за призначенням (овочеві, квіткові, розсадні, розсадно - овощеві), періодом експлуатації (зимові, весняні), способом вирощування (ґрунтові й субстратні).

Теплиці класифікують також за конструкційними ознаками на одноланкові (ангарні) і багатоланкові (блочні), матеріалом покриття - скляні, плівкові та склопластикові. Вони можуть бути одно - або багатопверховими (баштового типу), як з прозорим огородженням, так і непрозорі. За конструкцією даху теплиці поділяють на односкатні, двоскатні, нерівноскатні, аркові.

Будівельні конструкції теплиць визначають з урахуванням впливу зовнішніх кліматичних факторів: найнижчої середньодобової температури,

вітрового і снігового навантаження (добова маса снігового покриву), а також сейсмічної активності в районі будівництва. На даний час розроблені типові проекти тепличних комбінатів, призначених для різних кліматичних зон.

2.2. Основні вимоги до забезпечення мікроклімату в тепличних комплексах

Норми технологічного проектування споруд закритого ґрунту (НТП—СХ) передбачають: автоматичне регулювання температури і вологості повітря; температури води в системі підґрунтового обігрівання; температури поливної води і розчинів мінеральних добрив; концентрації добрив у розчині та вуглекислоти в повітрі; автоматизацію процесів поливу, підживлення і досвічування рослин; закриття вентиляційних фрамуг при швидкості вітру понад 10 м/с.

Для кожного виду рослин характерні свої оптимальні режимні параметри та допустимі відхилення від оптимальних.

Тепловий режим культиваційних споруд підтримується за допомогою автоматичних систем обігрівання і вентиляції. Він визначається потужністю джерел тепла, а також конструктивними особливостями споруд. Точність підтримання заданої температури — в межах $\pm 1^\circ\text{C}$. Крім того, задана температура повинна узгоджуватись з рівнем освітленості, що пов'язане з фізіологічними особливостями життєдіяльності рослин. Технологічні норми також регламентують максимальну температуру 30°C (для розсади 26°C) мінімальну — 15°C (не більше доби).

Водний режим забезпечується підтриманням необхідної вологості повітря і ґрунту за допомогою різних систем зрошення (надґрунтове, підґрунтове, крапельне зрошення). Витрати води становлять від 5 до 15 л/м² на добу. Оскільки зрошення може порушувати тепловий режим у споруді, температуру поливної води підтримується на рівні температури повітря і ґрунту (в межах $20\text{—}25^\circ\text{C}$).

Режим живлення забезпечується підтриманням необхідної концентрації мінеральних добрив, їх співвідношенням і рН ґрунту або субстрату. Технологія передбачає регулювання загальної концентрації з точністю $\pm 10\%$ і рН з точністю $\pm 0,1$ в достатньо вузькому діапазоні, який визначається технологічним регламентом для кожного виду рослин і змінюється залежно від фази розвитку.

Газовий режим в об'ємі споруди закритого ґрунту передбачає контроль і підтримання концентрації вуглекислоти на рівні $0,1—0,35\%$. Регулювання концентрації здійснюється на рівні освітленості більше 5 клк. При цьому повітряний обмін з навколишнім середовищем припиняється шляхом закриття вентиляційних фрамуг. Для інтенсифікації процесів життєдіяльності рослин швидкість повітряних потоків повинна становити $0,15$ м/с.

Світловий режим, як правило не регулюється. Лише при вирощуванні розсади і в селекційних спорудах використовують штучне освітлення. Питома потужність опромінювачів згідно з технологічними нормами знаходиться в межах $100 - 300$ Вт/м².

Урахування всієї різноманітності взаємозв'язків між режимними параметрами, їх узгодження та оптимізація потребують високого рівня автоматизації технологічних процесів.

2.3. Аналіз існуючих систем забезпечення мікроклімату

Устаткування (рис.2.1 і рис.2.2) розроблене головним конструкторським бюро (м. Москва) по механізації овочівництва, призначене для автоматичної підтримки оптимального мікроклімату в теплицях площею до 1500 м². Регулювання температури повітря у бік підвищення відбувається за рахунок включення додаткового обігріву, а у бік пониження - за рахунок посилення природної вентиляції через кватирки. Вологість регулюють таким чином, щоб періодично розпилялася вода в повітрі.

У систему регулювання температури входять датчики температури, два калорифери, два електромагнітні вентиля. Датчиками температури служать термометри електроконтактів типу ТК-6 з регульованою магнітною голівкою.

Два з них регулюють температуру вдень, два - вночі, а один сигналізує про аварійне зниження температури.

Один з термометрів кожної пари встановлюють на верхню межу діапазону температур, що задається, інший - на нижній. При отриманні сигналу від датчика температури на включення опалювання вступають в роботу двигуни калориферів і електромагнітні вентиля, що відкривають доступ теплоносія до калорифера.

Система зволоження повітря включає датчики вологості, трубопроводи, розпилювачі, насосну станцію, регулятор температури води. Датчиком вологості служить двопозиційний камерний вологорегулятор ВДК, включений в електричний ланцюг системи зволоження. Необхідне значення вологості задають, налаштувавши вологорегулятор.

Пластмасові трубопроводи підвішують на розтяжках під покрівлею уздовж теплиці в три лінії з відстанню 3..3,5 м від покрівлі теплиці і з кроком в лінії 3 м. Розпилювачі 10, прикріплені до труб, є капроновими насадками з двома отворами (діаметром 0,4 мм кожен), розташованими строго співвісно, завдяки чому цівки води, що виходять з них під тиском, стикаючись, розбиваються в найдрібніший пил, який утворює навколо розпилювачів віяло, що досягає 2 м в діаметрі.

Розпилювачі закріплюють на трубопроводах в шаховому порядку з кроком в лінії 3 м Для збору води і відведення крапель, що утворюються на трубах при тому, що розпиляло і від конденсації пари води з повітря, під трубами встановлюють жолоби 9, по яких вода стікає в каналізацію. Насосна станція, призначена для подачі до розпилювачів теплої води під постійним тиском, складається з бака підігрівача 8 і відцентрового насоса 7 типу 2КМ-6 з електродвигуном. Рівень води в баці підтримується поплавцевим клапаном,

а її температура - автоматичним регулятором прямої дії типу РТ, встановленим на вхідному патрубку змішувача, по якому пропускається підігріта вода.

У вузол вентиляції входять фрамуги з приводом 5 від двох електродвигунів через черв'ячні редуктори і чотири барабани з канатною системою і блоками. Кватирки можуть бути відкриті з правого або лівого боку теплиці або з обох боків одночасно.

Для подачі команди на відкриття кватирок з підвітряного боку застосований флюгер електроконтакта 1, встановлюваний на даху теплиці. Залежно від напрямку вітру кулачок частини флюгера, що обертається, впливає на мікроперемикач і замикає ланцюг включення вентиляції лівої або правої сторони теплиці. У шафі управління передбачений вимикач SA5, блокуючий контакти флюгера для включення вентиляції з двох сторін

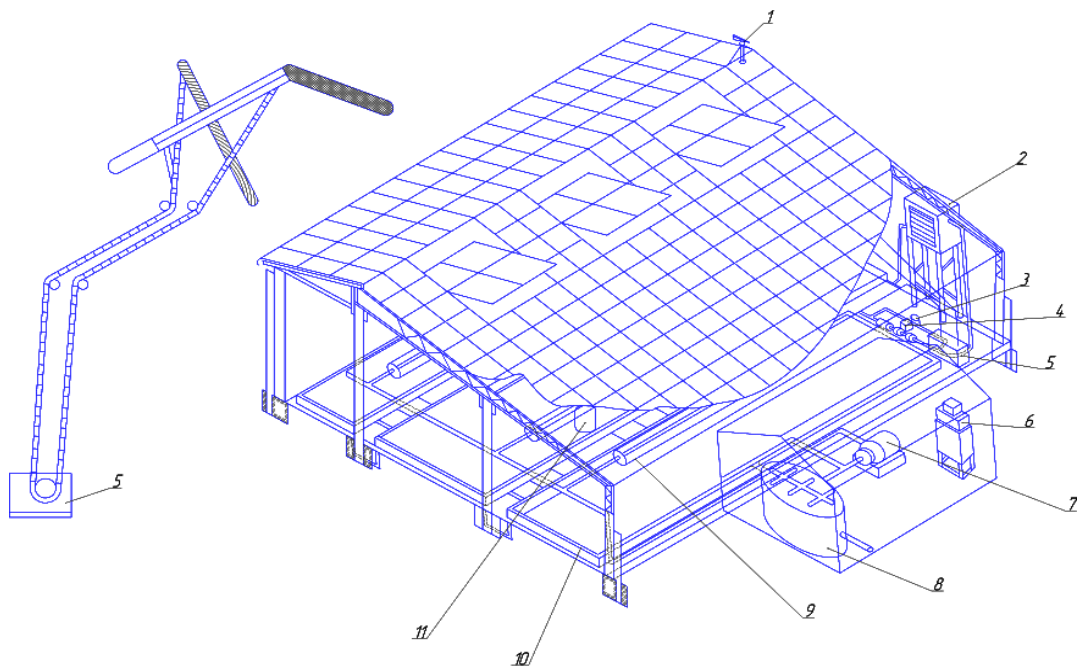


Рис. 2.1 Схем устаткування теплиці :

1 - флюгер електроконтакта; 2 - калорифер; 3 - ручний вентиль; 4 - електромагнітний вентиль; 5 - привід відкривання кватирок; 6 - шафа управління; 7 - насос; 8 - водопідігрівач; 9 - жолоб; 10 - розпилювачі води; 11 - шафа з датчиками.

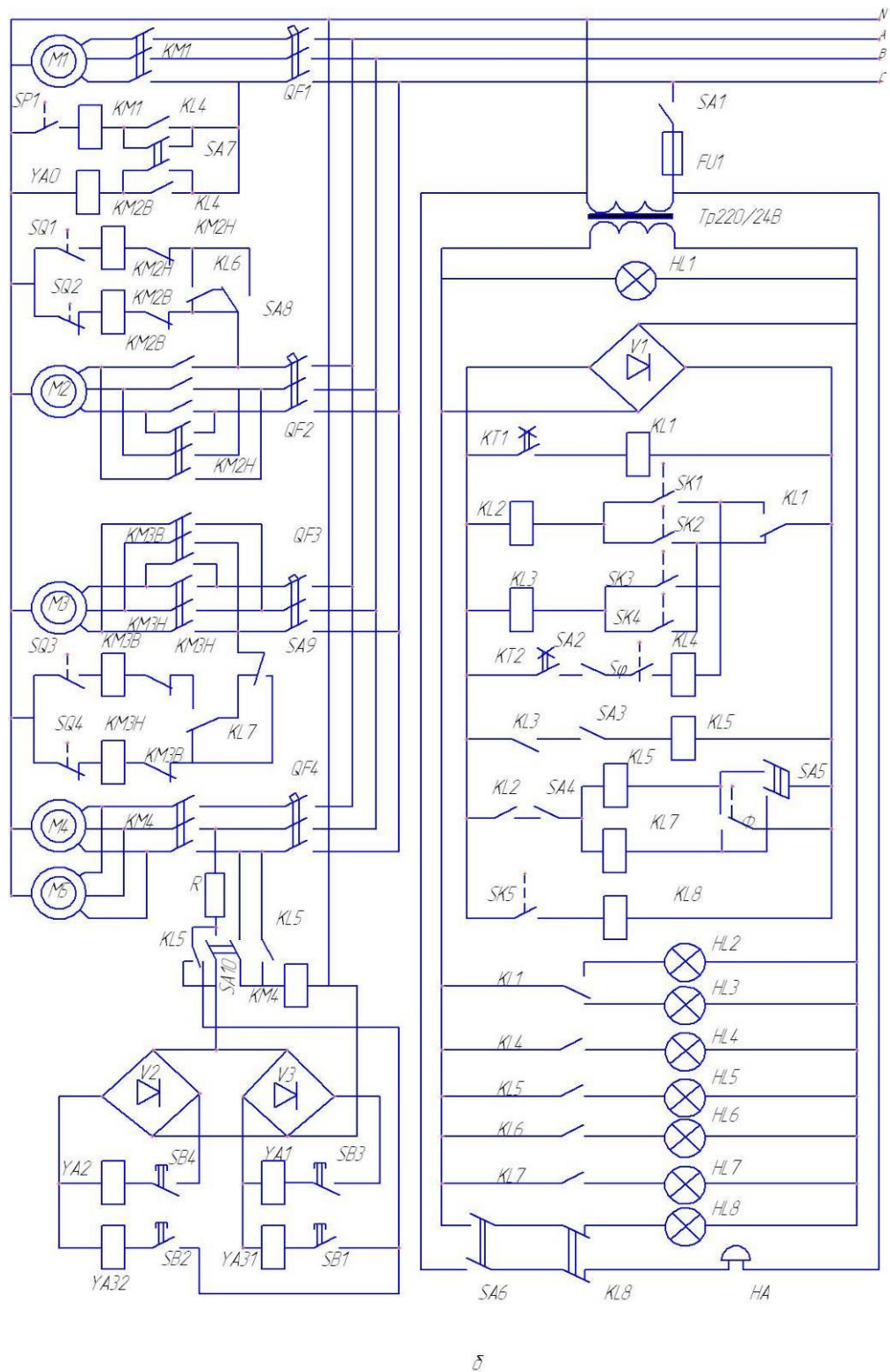


Рис.2.2 Управління устаткуванням мікроклімату теплиці (схема електрична функціональна).

Програма роботи систем задається програмним реле часу 2РВМ з приставкою, що дозволяє отримати витримки 0,5,3 хв. через потрібні

проміжки. Реле 2РВМ має диск налаштування з різьбовими отворами під штифти в два ряди (для двох програм). Мінімальний час уставки першої програми 15 хв, другої - 20 хв. Через встановлений час штифти натискають на мікрореле, замикаються ланцюги живлення реле, які включають ланцюги відповідних програм. Перша програма задає денний або нічний режим роботи, друга періодично (через кожні 60 хв.) включає систему зволоження із заданою тривалістю оприскування (до 2 хв.).

У денному режимі роботи замикаються контакти реле часу КТ1, спрацьовує реле КЛ1 і включає ланцюги датчиків температури дня SK1, SK3 і вологості повітря Сц. Термометр SK1 встановлюється на верхню межу регульованої температури (наприклад, 28 °С), а SK3 - на нижній (наприклад, 25 °С). Якщо температура стане нижча 25°С, контакти датчика SK3 розмикаються, реле втрачає живлення, контакти КЛ3 в ланцюзі реле КЛ5 замикаються. Реле КЛ5 через пускач КМ4 включає електродвигуни М4 і М5 калориферів, вентиляторів і електромагніти вентилів УА1, УА2, що відкривають доступ теплоносію в калорифери.

Електромагніти вентилів після спрацьовування втрачають живлення, проте вентиля, що утримуються механічними клямками, залишаються відкритими, а контакти в ланцюзі електромагнітів клямок закриваються (вентилі готуються до закриття). Коли температура досягає 25°С, контакти SK3 замикають ланцюг реле КЛ3, яке розриває ланцюг живлення реле КЛ5, котушка пускача КМ4 виключається з ланцюга струму, одночасно подається імпульс на електромагніти клямок УА31, УА32 і вентиля закриваються, а котушки клямок виявляються відключеними.

Якщо температура в теплиці перевищить 28°С, замкнуться контакти термометра SK1, поживавиться реле КЛ2 і замкне ланцюг живлення обмотки реле КЛ6 або КЛ7 залежно від положення флюгера Ф (при установці двосторонньої вентиляції - одночасно обидва реле), а реле замкне ланцюг живлення котушок пускачів До.М2В або КМ3В, які включають електродвигуни приводів, що відкривають кватирки. Шайби на тросах

кватирок натиснуть на кінцевий вимикач SQ1 або SQ3 і зупинять двигуни, залишаючи кватирки відкритими.

Коли температура знизиться до 28°C, ланцюг живлення реле KL2 розірветься, контакти його в ланцюзі реле KL6 і KL7 відкриються, реле KL6 і KL.7 втратять живлення і його контакти замкнуть ланцюг пускача KM2H або KM3H, двигуни реверсують, кватирки закриваються. Після цього вимикач SQ2 або SQ4 відключить двигун. При пониженні температури до аварійно-низької розімкнуться контакти датчика SK5; виводячи з ланцюга струму реле KL8, включаться звукові і світлові сигнали.

Коли закриваються контакти реле часу KT2 за другою програмою і у разі зменшення відносної вологості повітря в теплиці по відношенню до заданої, замикаються контакти датчика вологості Sц. Реле KL4 включає пускач KM1 двигуна приводу насоса бака водопідігрівача і електромагнітний вентиль УАО системи зволоження, і вода поступає до розпилювачів. Через заданий час контакти реле часу KT2 розмикаються, реле KL4 позбавляє живлення пускач і електромагніт вентиля УАО. Уприскування припиняється. Про роботу системи сигналізують лампи HL1..HL7.

У нічному режимі роботи контакти KT1 розімкнені, тому ланцюги реле KL1 і KL4 відкриті, система зволоження не працює, системою обігріву управляють датчики SK2 і SK4. Автоматичні вимикачі QF1-QF4 служать для включення і захисту двигунів.

2.4. Мета і завдання досліджень

Метою даної роботи є аналіз та розробка системи електронагрівників для забезпечення керування мікрокліматом тепличного комплексу.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз роботи системи управління мікрокліматом;
- провести аналіз зміни мікроклімату в теплиці;

- провести загальний аналіз існуючих способів керування мікрокліматом;
- провести аналіз основних чинників мікроклімату;
- розробка алгоритму керування мікроклімату в теплицях;
- аналіз існуючих систем керування мікрокліматом та вибір оптимальної системи електронагрівників;
- удосконалення блоку управління з використанням універсального мікроконтролера;
- провести аналіз та обґрунтування раціональних техніко-економічних параметрів електронагрівників як основних елементів удосконаленої системи.

3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОНАГРІВУ ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

3.1. Загальні положення

Сучасні технології вирощування тепличних культур вимагають постійної підтримки певних режимів мікроклімату в теплицях. Автоматизація систем управління мікрокліматом в захищеному ґрунті дозволяє економити 15% - 25% тепла при зростанні врожайності, поліпшення умов праці персоналу і підвищенні загальної культури виробництва [12]. Автоматичне управління дозволяє підтримувати в теплиці задані технологічні параметри мікроклімату. Крім того, це дає істотний економічний ефект, оскільки забезпечує оптимальні умови вирощування рослин і різних овочевих культур при найменших витратах теплоти на обігрів теплиць. Оскільки автоматизувати можна і доцільно електронагрівники то питання теоретичних їх досліджень має глибоке наукове значення.

3.2. Огляд технологій для забезпечення мікроклімату та визначення основних показників мікроклімату

Основні функції системи автоматичного регулювання полягають в наступному:

- автоматичне регулювання температури повітря – система здійснює контроль температурного режиму теплиці;
- автоматичне регулювання обігріву – система обігріву в теплиці має бути досить потужною, щоб забезпечити мінімальну необхідну температуру в теплиці, особливо в періоди з екстремально-низькими температурами. Системою обігріву забезпечується рівномірний розподіл тепла по усій площі теплиці, а також контроль над рівнем вологості;

- автоматичне управління освітлювальними установками – при вирощуванні тепличної продукції в зимовий час використовують технологію досвічування. Світло є основним джерелом енергії для фотосинтезу. Система досвічування складається з: ламп; відбивачів; ПРА; кабелів; електричних щитів, підключених до системи управління;

- автоматичне управління циркуляцією повітря – система рециркуляції повітря в теплиці призначена для його штучного перемішування з метою більш рівномірного розподілу температурних полів в об'ємі споруди, зниження перегрівання рослин, активізації фізіологічних процесів в рослинах, ліквідації зон з підвищеною вологістю особливо в періоди, коли природна вентиляція через кватирки неможлива або малоефективна.

3.3. Теплофізичний розрахунок теплиці та обґрунтування устаткування для створення мікроклімату

Теплофізичний розрахунок встановлює аналітичний зв'язок між необхідними параметрами мікроклімату в теплиці і необхідними для їх забезпечення потоками тепла і речовини, що взаємодіють в споруді. Це засіб кількісного аналізу закономірностей регулювання енергетичного режиму в теплиці. Споруду розглядають як єдину енергетичну систему, що включає опалювання, вентиляцію і теплотехніку конструкцій [, що захищають, 6].

3.3.1. Етапи теплофізичного розрахунку

1 етап. Складання розрахункової схеми тепло- і масообміну в споруді.

2 етап. Складання системи рівнянь енергетичного балансу споруди, що відповідають прийнятій розрахунковій схемі і що є фізико-математичною моделлю формування енергетичного режиму в теплиці.

3 етап. Приведення системи балансних рівнянь до розрахункового виду підстановкою чисельних виразів.

4 етап. Чисельне рішення системи балансних рівнянь.

3.3.2. Прийняті допущення

При складанні розрахункової схеми енергетичного режиму теплиці прийняті наступні допущення:

- нічний режим споруди;
- масообмінні процеси відбуваються тільки в робочій зоні;
- екран (рослини) як гірший випадок з точки зору енергетичної забезпеченості споруди не враховують, оскільки за наявності екрану знизиться променистий тепловий потік від ґрунту до обгороджування;
- впливи продуктів життєдіяльності рослин на режим вологості в споруді також не враховують, оскільки вночі транспірування рослин дорівнює нулю;
- усереднені величини температур поверхонь обгороджувань, ґрунту, шарів повітря, потоків тепла і маси;
- умови протікання процесів тепло- і масообміну в споруді і зовні стаціонарні;
- термічним опором обгороджування нехтують.

3.3.3 Розрахункова схема теплообміну в плівковій теплиці

Розрахункова схема енергетичного балансу плівкової теплиці в нічний час представлена на рисунку 3.1. Ця схема враховує витрати тепла на інфільтрацію Q_v , випар з ґрунту Q_i , конденсацію вологи на внутрішній поверхні обгороджування теплиці $Q_{\text{конд}}$.

3.3.4. Фізико-математична модель формування енергетичного режиму в теплиці з одинарним покриттям

На підставі прийнятої розрахункової схеми енергетичного режиму теплиці складають системи рівнянь теплового балансу, в яких враховують потоки двох категорій [6]. До першої категорії відносяться змінні потоки тепла і маси, які регулюються опалювально-вентиляційними пристроями. У систему балансних рівнянь вони входять як невідомі величини, що підлягають визначенню.

Другу категорію складають потоки, що характеризують тепло, - і масообмін на поверхнях ґрунту, обгороджування і в об'ємах теплиці, пов'язані з фазовими перетвореннями, конвективним і променистим теплообміном, теплопровідністю ґрунту. Їх чисельно виражають через параметри, що визначають енергетичний стан системи, : геометричні і фізичні константи, параметри зовнішнього і внутрішнього повітря.

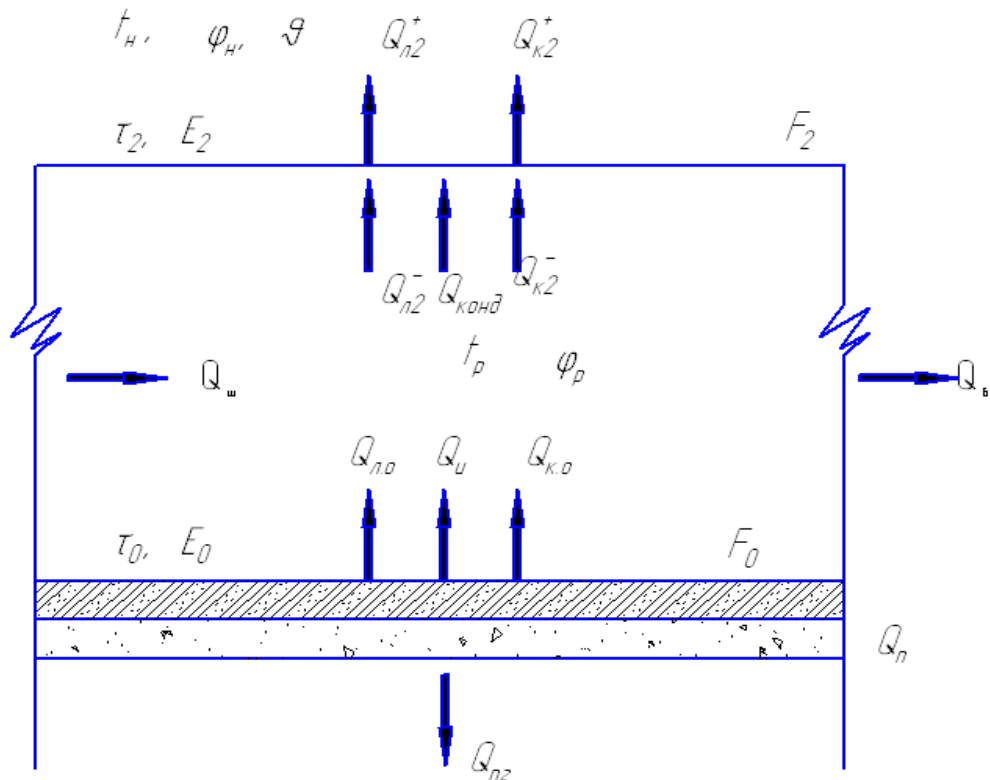


Рис. 3.1. Розрахункова схема енергетичного балансу теплиці з технічним обігрівом для нічного часу, з одинарним обгороджуванням.

Теплицю розглядають, як деякий простір, заповнений однорідним, добре переміщуваним газом і обмежене тонкою напівпрозорою дірчастою оболонкою, а також поверхнею напівобмеженого масиву [7].

Методичний підхід до складання рівнянь теплового балансу для плівкової теплиці приймають відповідно до рекомендацій Гипронисельпрома [8].

Рівняння теплового балансу для теплиці в цілому

$$Q_{\text{ш}} + Q_{\text{п}} = Q_{\text{п.г}} + Q_{+\text{к}2} + Q_{+\text{л}2} + Q_{\text{в}} \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{ш}}$ і $Q_{\text{п}}$ - встановлена теплова потужність (тепловий потік) відповідно систем шатрового і ґрунтового обігріву, Вт;

$Q_{\text{п.г}}$ і $Q_{\text{в}}$ - теплові потоки втрат відповідно в ґрунтовий масив і на інфільтрацію, Вт;

$Q_{+\text{к}2}$ - тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією зовнішньої поверхні обгороджування з навколишнім повітрям, Вт;

$Q_{+\text{л}2}$ - променистий тепловий потік від зовнішньої поверхні обгороджування, Вт.

Рівняння теплового балансу для поверхні ґрунту в теплиці

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{п.г}} + Q_{\text{ко}} + Q_{\text{л.про}} + Q_{\text{i}} \quad (3.2)$$

де $Q_{\text{ко}}$ - конвективний тепловий потік від ґрунту до повітря в робочій зоні теплиці, Вт;

$Q_{\text{л.про}}$ - променистий тепловий потік від поверхні ґрунту в теплиці, Вт;

Q_{i} - тепловий потік, що характеризує витрату теплоти на випар вологи з ґрунту, Вт.

Рівняння теплового балансу на поверхні обгороджування теплиці

$$Q_{-\text{к}2} + Q_{-\text{л}2} + Q_{\text{конд}} = Q_{+\text{к}2} + Q_{+\text{л}2} \quad (3.3)$$

де $Q_{-\text{к}2}$ - тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією внутрішньої поверхні обгороджування з повітрям в робочій зоні, Вт;

$Q_{-\text{л}2}$ - променистий тепловий потік від внутрішньої поверхні обгороджування, Вт;

$Q_{\text{конд}}$ - тепловий потік, що характеризує виділення теплоти при конденсації пари на внутрішній поверхні обгороджування, Вт.

3.3.5. Вираження теплових потоків втрат через визначальні їх параметри для теплиці

З плівковим обгороджуванням:

$$Q_{\text{п.г}} = \frac{t_{\text{ia}} - t_{\text{i}}}{R_0^{\text{пл}}}. F_0 \quad (3.4)$$

де: $t_{об}$ і t_n - температура відповідно узагальнена і зовнішнього повітря, °С
 F - поверхня ґрунту в теплиці, м²; $R_{сп0}$ - середньозважена по площі величина опору теплопередачі ґрунту (приймається за даними [9]);

$$t_{ia} = \frac{133,9 - C_{i0} \left[55 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right]}{\tilde{N}_{i0} = 8,6} \approx \frac{133,9 - \tilde{N}_{i0} [55 - (0,814 \cdot \tau_2 + 55,55)]}{\tilde{N}_{i0} + 8,6} \quad (3.5)$$

де $C_{пр}$ - приведений коефіцієнт випромінювання;

t_2 - температура поверхні обгороджування теплиці, °С;

$$C_{пр} = \frac{5,67}{\frac{1}{\varepsilon_0} + \frac{F_0}{F_2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad (3.6)$$

де ε_0 і ε_2 - міра чорноти відповідно ґрунту і обгороджування; F_2 - поверхня обгороджування, м²;

$$R_0^{\tilde{n}} = \frac{2F_{1.0} \cdot 2.14 + 2F_{2.0} \cdot 4.3 + 2F_{3.0} \cdot 8.6 + F_{4.0} \cdot 14.2}{F_0} \quad (3.7)$$

де $F_{1.0}$ - поверхня ґрунту в теплиці, що примикає до зовнішнього обгороджування і має ширину 2 м; $F_{2.0}$ і $F_{3.0}$ - те ж, віддалена від подовжнього зовнішнього обгороджування відповідно на 2 і 4 м; $F_{4.0}$ - інша поверхня ґрунту, віддалена на 6 м від подовжніх зовнішніх обгороджувань, м².

$$Q_{ко} = A_3 \cdot m \sqrt{|\tau_0 - t_p|} \cdot (\tau_0 - t_p) F_0 \quad (3.8)$$

де A_3 - коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну (є функцією температур поверхні теплообміну і навколишнього повітря, визначається за даними, приведеними в [10]);

m - коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну, рівний 1,3 при $\tau_0 > t_p$ і 0,7 при $\tau_0 < t_p$ і t_p - температура відповідно до поверхні ґрунту і повітря в робочій зоні, °С.

$$Q_{л.о} = C_{пр} \left[\left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot F_0 \approx 0.814 \cdot \tilde{N}_{i0} \cdot F_0 \cdot (\tau_0 - \tau_2) \quad (3.9)$$

де t_2 - температура поверхні обгороджування теплиці, °С.

$$Q_u = r_c \cdot \eta^\beta \cdot (c_0^h - \varphi_p \cdot c_{t_p}^h) \cdot \frac{760}{P_6} \cdot F_0 \quad (3.10)$$

де $r_0 = 693 - 0,66$;

$t_{ж}^0$ — питома теплота випару, Вт год/кг ($t_{ж}^0$ — температура рідини, °С);

$z = 0,8$ — коефіцієнт неповноти водності [8];

$Я$ — коефіцієнт масообміну, м/год;

c_0^h — концентрація пари при 100% - ім насиченні і температурі поверхні ґрунту, кг/м³;

φ_p — відносна вологість повітря в робочій зоні, % ;

$c_{t_p}^h$ — концентрація водяної пари насиченого повітря в робочій зоні при температурі t_p кг/м³;

P_6 — барометричний тиск, мм рт. ст.;

$$\beta = 0,66 \cdot \frac{D}{L_1} \cdot \left(\frac{qL_1^3}{v^2} \cdot \frac{y_{t_p} - y_{\tau_0}}{y_{t_p}} \cdot \frac{v}{D} \right)^{0.26} \quad (3.11)$$

де D — коефіцієнт дифузії, м²/год;

$L_1 = vF_0$ / визначальний розмір м;

q - прискорення сили тяжіння, м²/с;

v — коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с (приймають при $t_{опр}$)

$\Gamma_{тр}$ і Γ_{ϕ_0} — щільність повітря при температурі відповідно в робочій зоні і поверхні ґрунту кг/м³

$$D = 0,00754 \left(\frac{t_{опр} + 273}{273} \right)^{1,89} \cdot \frac{760}{P_6} \quad (3.12)$$

де $t_{опр}$ - визначальна температура 0С;

$$t_{опр} = \frac{\tau_0 + t_p}{2}; \quad (3.13)$$

$$\Gamma_{тр} = 1.293 \frac{273}{t_p + 273} \left(\frac{P_a}{760} - 0.378 \frac{e_{t_h}^i}{760} \right) \quad (3.14)$$

де $a_{t_0}^i$ — пружність (парціальний тиск) насиченої водяної пари при температурі t_p , мм. рт. ст.;

$$\Gamma_{\phi_0} = 1,293 \frac{273}{\tau_0 + 273} \left(\frac{P_a}{760} - 0,378 \frac{e_{\tau_0}^i}{760} \right) \quad (3.15)$$

де $\dot{a}_{\tau_0}^i$ - пружність насиченої водяної пари при температурі t_0 , мм. рт.ст;

$$Q_{\varepsilon 2}^- = (F_{\text{в}2} + 0,7F_{\text{н}2}) \dot{A}'_3 \sqrt[3]{|t_p - \tau_2|} (t_p - \tau_2) \quad (3.16)$$

де $F_{\text{в}2}$ і $F_{\text{н}2}$ – площа відповідно вертикальних і похилих обгороджувань теплиці, м²;

\dot{A}'_3 - коефіцієнт, залежно від температури $\frac{t_p + \tau_2}{2}$ [10];

τ_2 - температура зовнішнього обгороджування °С.

$$Q_{\varepsilon 2}^- = C_{\text{пр}} k_{\text{п}} \left[\left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot F_0 \approx C_{\text{пр}} k_i F_0 0,814 \cdot (\tau_0 - \tau_2) \approx k_i Q_{\varepsilon i}, \quad (3.17)$$

де $k_{\text{п}}$ — коефіцієнт поглинання довгохвильового випромінювання, рівний 0,88 для теплиць і 0,93, - парників і малогабаритних укриттів [6].

$$Q_{\text{конд}} = r_c \cdot 2,2 \cdot 10^{-6} (0,5t_p + 0,5\phi_2 + 273)^{0,42} \cdot \sqrt[3]{\frac{t_p - \tau_2}{\nu^2}} \Delta\varepsilon^{1,4} F_2 \quad (3.18)$$

де $\Delta\varepsilon$ — різниця об'ємного змісту пари в повітрі %;

ν - приймають при $\frac{t_p + \tau_2}{2}$ [11];

F_2 – поверхня зовнішнього обгороджування теплиці, м²;

$$\Delta\varepsilon = 100 \left(\frac{\phi \cdot p_{t_p}^{e^h} - e_{\tau_2}^h}{P_b} \right), \quad (3.19)$$

де $\dot{a}_{\tau_2}^i$ — пружність насиченої водяної пари при ϕ_2 , мм рт. ст.

$$Q_{\varepsilon 2}^+ = a_{\text{к}2} (\phi_2 - t_{\text{н}}) F_2, \quad (3.20)$$

де $a_{\text{к}2}$ - розрахований коефіцієнт тепловіддачі конвекцій зовнішнього обгороджування теплиці, Вт/(м²•°С);

$$\dot{a}'_{\varepsilon 2} = 3,7 \frac{(\gamma_{\text{н}})^{0,8}}{L^{0,2}} \approx 3,7 \frac{\sqrt[3]{(\gamma_{\text{н}})^2}}{\sqrt[3]{L}}, \quad (3.21)$$

де $\dot{a}'_{\varepsilon 2}$ — коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для похилої ділянки обгороджування, Вт/(м²•°С);

g - швидкість вітру, м/с;

L — найменший розмір споруди в плані, м;

$$\dot{a}_{\varepsilon 2}'' = 10 \sqrt{g}, \quad (3.22)$$

де $\dot{a}_{\varepsilon 2}''$ - коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для вертикальної ділянки обгороджування, Вт/(м²•°С);

$$\dot{a}_{\varepsilon 2} = \frac{\dot{a}_{\varepsilon 2}' F_{i2} + \dot{a}_{\varepsilon 2}'' F_{a2}}{F_2}; \quad (3.23)$$

$$Q_{\varepsilon 2}^+ = Q_{\varepsilon \text{ф}} + Q_{\text{окр}}, \quad (3.24)$$

де $Q_{\varepsilon \text{ф}}$ - ефективне випромінювання зовнішньої поверхні обгороджування в навколишній простір, Вт;

$Q_{\text{окр}}$ - променевий теплообмін зовнішньої поверхні обгороджування з оточенням ґрунтом і будівлями, Вт;

$$Q_{\varepsilon \text{ф}} = 5,67 \varepsilon_2 \left[\left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 (0,27 - 0,007 \rho_{\text{н}} \dot{a}_{t_i}^i) \cdot (1 - c' n_0^2) \psi_1(\alpha) + \left(\frac{t_2 + 273}{100} \right)^4 - \right. \\ \left. \left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot \psi_2(\text{И}) F_2 \approx 5,67 \varepsilon_2 \cdot \psi_2(\text{И}) F_2 [(0,814 t_{\text{н}} + 55,55) \cdot (0,27 - \\ 0,007 \rho_{\text{н}} \dot{a}_{t_i}^i) \cdot (1 - c' n_0^2) \psi_1(\alpha) + 0,814 (t_2 - t_{\text{н}})]; \quad (3.25)$$

де $\psi_1(\alpha)$ — функція, що враховує орієнтацію обгороджування;

ε_2 — міра чорноти обгороджування теплиці;

$\rho_{\text{н}}$ — відносна вологість зовнішнього повітря;

$\dot{a}_{t_i}^i$ — пружність насиченої водяної пари при температурі $t_{\text{н}}$ мм рт. ст.;

c' — коефіцієнт, залежний від широти місцевості (0,74 для 55° с. ш., 0,7 для 45° с. ш.); n_0 — хмарність в долях одиниці;

$\psi_2(\text{И}) = 1$ — функція, що враховує взаємне розташування теплиці і навколишніх будов, для споруди [, що окремо стоїть, 6];

$$\psi_1(\alpha) = \frac{\delta_{\varepsilon} F_{a2} + \cos \alpha F_{i2}}{F_2}, \quad (3.26)$$

де $\delta_{\varepsilon} = 0,5$ для хмарного неба і 0,35 - безхмарного [6];

α - кут нахилу покрівлі теплиці ($\alpha \leq 30^\circ$);

$$Q_{\text{окр}} = 5,67 \varepsilon_2 \varepsilon_0 \left[\left(\frac{t_2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 \right] \alpha_{\text{оп}} F_2 \approx 5,67 \varepsilon_2 \varepsilon_0 \alpha_{\text{оп}} F_2 \cdot 0,814 (\phi_2 - t_H), \quad (3.27)$$

де ε_0 - міра чорноти поверхні ґрунту; $\alpha_{\text{оп}}$ - коефіцієнт опромінення системи "Обгороджування - ґрунт і будівля";

$$\alpha_{\text{оп}} = 0,5 \frac{F_{\text{д2}}}{F_2}; \quad (3.28)$$

$$Q_{\text{в}} = (\Gamma_{\text{тн}} - \Gamma_{\text{тп}})(Q_{\text{пт}} + Q_{\text{д2}}^+ + Q_{\text{д2}}^-), \quad (3.29)$$

де $\Gamma_{\text{тн}}$ - щільність зовнішнього повітря, кг/м^3

3.4. Фізико-математична модель формування енергетичного режиму в теплиці з додатковими розробками

При вирощуванні саджанців, розсади і іншої рослинності, що має висоту перед висадкою у відкритий ґрунт не більше 0,25 м., немає необхідності обігрівати усю теплицю заввишки 3,2-4 м. Досить обігріти тільки робочу зону заввишки 0,3 м., захистивши її від об'єму теплиці малогабаритними укриттями. Такий обігрів зветься зонним, дозволяє зменшити витрату теплоти на вирощування розсади і понизить, питому теплову потужність нагрівальних пристроїв теплиці. Розрахункова схема енергетичного режиму теплиці із зонним укриттям робочого об'єму, в якому розвивається розсада, показана на рис 3.2.

У робочій зоні I діють теплові потоки від нагрівача, закладеного в ґрунт, $Q_{\text{п}}$ і шатрового нагрівача $Q_{\text{ш}}$, змонтованого під зонним укриттям.

Теплові потоки втрат представлені витратами тепла на випар $Q_{\text{и}}$, інфільтрацію $Q_{\text{вр}}$, а також променисті і конвективні потоки $Q_{\text{ло}}$, $Q_{\text{д1}}^-$, $Q_{\text{ко}}$ і $Q_{\text{д1}}^-$. На внутрішній поверхні зонного укриття, покритій конденсатом, діє потік $Q_{\text{конд}}$, що враховує фазове перетворення водяної пари на воду. У неробочому об'ємі II діють тільки потоки втрат з інфільтрацію $Q_{\text{в1}}$, а також променистий і конвективний $Q_{\text{л1}}^+$, $Q_{\text{л2}}^-$, $Q_{\text{к1}}^+$ і $Q_{\text{к2}}^-$. Внутрішня поверхня зовнішнього

обгороджування буває покрита нещедрим конденсатом і, зважаючи на його незначність, виділеннями тепла при конденсації можна нехтувати.

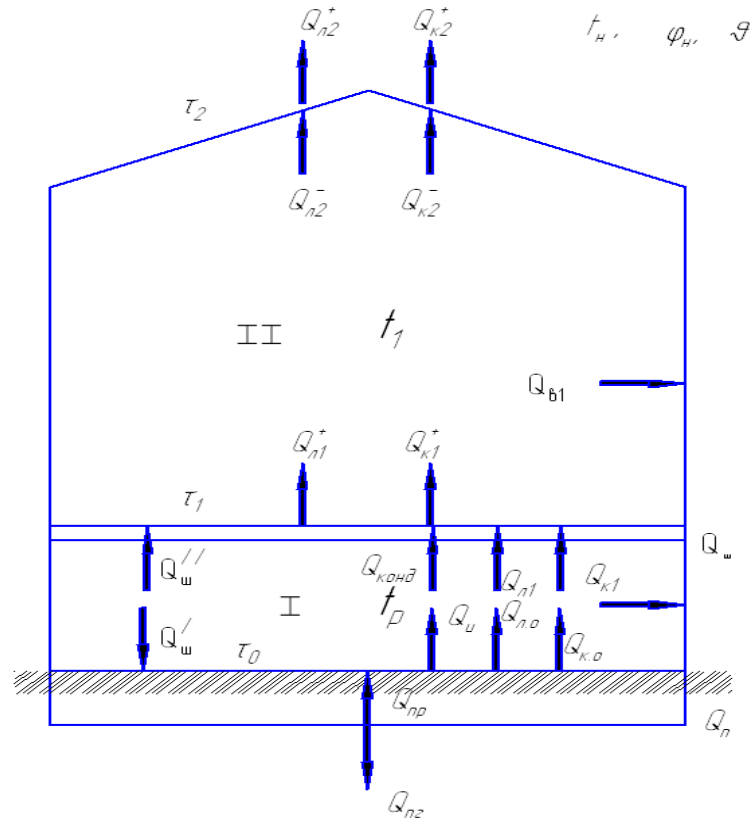


Рис.3.2. Розрахункова схема енергетичного балансу теплиці з технічним обігрівом для нічного часу із зонним укриттям

3.4.1 Рівняння теплового балансу для робочої зони I

$$Q_{\text{ш}} + Q_{\text{п}} = Q_{\text{п.г}} + Q_{\text{л1}}^+ + Q_{\text{к1}}^+ + Q_{\text{вр}} \quad (3.30)$$

де $Q_{\text{ш}}$ і $Q_{\text{п}}$ - встановлені теплові потужності шатрового і ґрунтового нагрівачі, Вт;

$Q_{\text{л1}}^+$ - променистий тепловий потік від зовнішньої поверхні зонного укриття до внутрішньої поверхні зовнішнього обгороджування, Вт;

$Q_{\text{к1}}^+$ - конвективний тепловий потік від зовнішньої поверхні зонного укриття до повітря в об'ємі II, Вт;

$Q_{\text{вр}}$ - тепловий потік втрат тепла на інфільтрацію в зоні I, Вт.

3.4.2. Рівняння теплового балансу для робочої зони II

$$Q_{\text{л1}}^+ + Q_{\text{к1}}^+ = Q_{\text{л2}}^+ + Q_{\text{к2}}^+ + Q_{\text{в1}}^+ \quad (3.31)$$

де $Q_{\text{в1}}^+$ - тепловий потік втрат на інфільтрацію в зоні II, Вт.

3.4.3 Рівняння теплового балансу для поверхні ґрунту

$$Q_{и+} = Q_{п.г} + Q_{ко} + Q_{л.про} + Q_i \quad (3.32)$$

де - Q_o^o складова теплового потоку шатрового нагрівача, що бере участь в теплообміні з поверхнею ґрунту, Вт;

$Q_{и}$ - затрати теплоти на випар вологи з ґрунту, Вт;

$Q_{л.про}$ і $Q_{ко}$ - тепловий потік втрат з поверхні ґрунту під зонним укриттям відповідно випромінюванням і конвекцією, Вт

3.4.4. Рівняння, теплового балансу для поверхні зонного укриття

$$Q_o^i + Q_{конд} + Q_{-к1} + Q_{-л1} = Q_{+к1} + Q_{+л1} \quad (3.33)$$

де Q_o^i - складова теплового потоку шатрового нагрівача, що бере участь в теплообміні з поверхнею зонного укриття, Вт;

$Q_{конд}$ - тепловий потік, що характеризує виділення теплоти па внутрішньої поверхні зонного укриття при конденсації вологи, Вт;

$Q_{-л1}$ - тепловий потік в результаті теплообміну випромінюванням між внутрішньою поверхнею зонного укриття і поверхнею ґрунту, Вт;

$Q_{-к1}$ - тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією між внутрішньою поверхнею обгороджування і повітрям робочої зони I, Вт.

3.4.5 Рівняння теплового балансу на поверхні зовнішнього обгороджування теплиці

$$Q_{-к2} + Q_{-л2} = Q_{+к2} + Q_{+л2}, \quad (3.34)$$

де $Q_{-л2}$ - тепловий потік в результаті теплообміну випромінюванням між внутрішньою поверхнею зовнішнього обгороджування і поверхнею зонного укриття Вт;

$Q_{-к2}$ - тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією між внутрішньою поверхнею зовнішнього обгороджування і повітрям в зоні II, кВт.

3.4.6 Рівняння теплового балансу для усієї споруди

$$Q_{ш} + Q_{п} = Q_{п.г} + Q_{+к2} + Q_{+л2} + Q_{в1} + Q_{вр} \quad (3.35)$$

3.4.7 Теплові потоки втрат теплиці із зонним обігрівом виражають через визначальні їх параметри

Враховуючи, що поверхні обгороджування теплиці з полімерних плівок бувають, покриті конденсатом, що перешкоджає пропусканню довгохвильової радіації, вираження для визначення потоків втрат випромінюванням приймають такими ж, як для споруд із скляними покриттями, з наступною поправкою на коефіцієнт тепловтрат.

Теплові потоки, діючі під зонним укриттям, в об'ємі I виражені в наступному виді [10]

$$\left[\left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_1 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot F_0 \approx 0.814 \cdot \tilde{N}_{\text{ю}} \cdot F_0 \cdot (\tau_0 - \tau_1) \quad (3.36)$$

де $c_{\text{пр}}$ - приведений коефіцієнт опромінення;

τ_0 на τ_1 - температура поверхні відповідно ґрунту і зонного укриття, °С

$$c_{\text{пр}} = \frac{5,67}{\frac{1}{\varepsilon_0} + \frac{F_0}{F_1} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right)}, \quad (3.37)$$

де ε_0 і ε_1 — міра чорноти відповідно ґрунту і плівки;

F_0 і F_1 — площі ґрунту і поверхні зонного укриття, м².

$$Q_{\text{л2}}^- = k_{\text{п}} Q_{\text{ло}} \approx 0,93 Q_{\text{ло}}, \quad (3.38)$$

де $k_{\text{п}}$ - коефіцієнт, що враховує поглинання променистої енергії повітряним середовищем.

$$Q_{\text{к1}}^- = (F_{\text{в1}} + 0,7F_{\text{н1}}) A_3'' \cdot \sqrt[3]{t_p - \tau_1} (t_p - \tau_1), \quad (3.39)$$

де $F_{\text{в1}}$ і $F_{\text{н1}}$ — площі відповідно до вертикальної і похилої поверхонь зонного укриття, м²;

t_p - температура повітря, під зонним укриттям, °С;

A_3'' — коефіцієнт, залежний від $\frac{t_p + \tau_1}{2}$ (10).

$$Q_{\text{в}} = (\Gamma_{\text{н}} - \Gamma_{\text{р}})(Q_{\text{шт}}^+ + Q_{\varepsilon_1}^+ + Q_{\varepsilon_1}^+), \quad (3.40)$$

де $\Gamma_{\text{н}}$ і $\Gamma_{\text{р}}$ — об'ємні маси відповідно зовнішнього і внутрішнього. повітря, кг/м³.

Вираження для визначення теплових потоків, діючих в неробочому об'ємі II, наступні:

$$Q_{\text{л.о}}^- = c'_{\text{пр}} \left[\left(\frac{\tau_1 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot F_1 \approx 0.814 \cdot \tilde{n}'_{\text{ю}} \cdot F_1 \cdot (\tau_1 - \tau_2) \quad (3.41)$$

де τ_1 і τ_2 - температура зовнішнього обгороджування, °С; F_1 - поверхня зонного укриття, м²;

$$c'_{\text{пр}} = \frac{5,67}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1'}{F_2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)}, \quad (3.42)$$

де $c'_{\text{пр}}$ - приведений коефіцієнт опромінення системи "Зонне внутрішньозахисне обгороджування";

ε_2 — міра чорноти зовнішнього обгороджування;

F_2 — площа зовнішнього обгороджування, м²;

F_1' - площа зонного укриття, що бере участь в променистому теплообміні із зовнішнім обгороджуванням, м²;

$$Q_{\text{к1}}^+ = A_3' \cdot m^3 \sqrt{|\tau_1 - t_2|} (\tau_1 - t_2) F_1', \quad (3.43)$$

де m - коефіцієнт ($m=1,3$ при $\phi_1 > t_2$);

t_1 - температура в зоні II, °С;

A_3' - коефіцієнт, залежний від $\frac{\tau_1 + t_2}{2}$ [10];

$$Q_{\text{л2}}^- = k'_{\text{п}} Q_{\text{л1}}^+ \approx 0,88 Q_{\text{л1}}^+, \quad (3.44)$$

де $k'_{\text{п}}$ — коефіцієнт, рівний 0,88 [6]

$$Q_{\text{к2}}^- = (F_{\text{в2}} + 0,7 F_{\text{н2}}) A_3'' \cdot \sqrt{|\tau_1 - t_2|} (t_1 - \tau_2), \quad (3.45)$$

де $F_{\text{в2}}$ і $F_{\text{н2}}$ — площі відповідно вертикальних і похилих поверхонь зовнішнього обгороджуванням²;

A_3'' - коефіцієнт, залежний від визначальної температури, $t_{\text{опр}} = \frac{t_1 + \tau_2}{2}$ [10];

$$Q_{\text{в1}} = (\Gamma_{\text{н}} - \Gamma_1) (Q_{\varepsilon_2}^+ + Q_{\varepsilon_2}^-), \quad (3.46)$$

де Γ_1 – щільність повітря в зоні II, кг/м³

При теплофізичному розрахунку теплиці з технологічним обігрівом визначають встановлену теплову потужність систем шатрового і ґрунтового обігріву, що забезпечує необхідний температурний режим в ґрунті і робочій зоні для вирощуваних саджанців або розсади овочів, який відповідає заданій розрахунковій температурі зовнішнього повітря.

У загальному випадку дані наступні величини: конструктивні параметри теплиці L , F_1 , F_2 , F_0 , температурні і вологість режими усередині неї ϕ_0 , t_p , ψ_p , параметри зовнішнього повітря t_n , ψ , ψ_n .

Вимагається визначити теплові потужності нагрівальних пристроїв Q_p , $Q_{ш}$, температури обгороджувань t_0 , t_2 і повітря t_1 в зоні II, без знання яких неможливо розрахувати теплові баланси на поверхнях обгороджувань і в об'ємах теплиці.

Розрахунок зводиться до спільного рішення рівнянь (35) –(40).

Потім по формулі (30) визначають коефіцієнт теплопередачі через скління, і з урахуванням виразів (31) – (34) знаходять встановлені теплові потужності систем обігріву для плівкової теплиці.

3.5. Управління системи електротермічного устаткування в теплиці на зниженій напрузі

На вибір схеми управління електронагрівними пристроями споруди чинять вплив вживане устаткування і нагрівальні елементи. У всіх схемах управління, мабуть, передбачено автоматичне регулювання температури. Автоматизація електрообігріву дозволяє економити до 40% електроенергії в порівнянні з її річною витратою на обігрів при ручному управлінні.

При використанні нагрівальних елементів, які виконані з неізолюваного дроту, що живиться струмом зниженої напруги, можна застосувати схему управління, розроблену в «ВНИИЭлектропривод». Принципова електрична схема управління електронагрівним пристроєм на зниженій напрузі живлення представлена ДПЭ1020.030000.03 Э2. Комплект

устаткування КП-1 управляє нагрівальними пристроями ґрунту на площі до 1.5 га. До нього входять знижувальні трансформатори Тр1 типу ТМОБ-63 (4 шт.), шафи місцевого управління (4 шт.) і датчики температури ДТВ, ДТП типу ТСМ-239С (16 шт.).

Живлення на трансформатори ТМОБ-63 подають від автомата фідера підстанції потужністю не менше 250 кВА. Трансформатори в режимі «розігрівання» сполучають за схемою Y/Y, а в режимі «обігрів» Y/ Δ .

При цьому лінійна напруга на вторинній стороні трансформатора залежно від положення перемикача при розігріванні дорівнює 125, 103, 85 В, а при обігріві – відповідно до 70, 60, 49 В. До первинної сторони живлячого трансформатора Тр1 приєднують через В5 і В6 регулюючі логометри ЛР1, ЛМ2, за допомогою яких здійснюють двопозиційне регулювання і контроль температури в споруді. Перемикачем В13 устаткування перекладають з «автоматичного» режиму на «ручний». До первинної сторони Тр1 підключають за допомогою В13 електрифіковані механізми для обмотки ґрунту і догляду за рослинами. До вторинної обробки Тр1 через рубильники на 600 А (В8-В11) під'єднують нагрівальні елементи ЭН1-ЭН4. Контролюють напругу і струм : в усіх фазах по амперметру і вольтметру, встановленим на вторинній стороні живлячого трансформатора і таким, що підключається по черзі в кожен фазу за допомогою перемикачів В4 і В3.

Датчики температури ДТВ, ДТП приєднують за трипровідною схемою в цілях зменшення погрішності, що вноситься опором сполучної лінії, і за допомогою вимикачів В1, В2 підключають до логометрів ЛР1 і ЛР2.

Відхилення температури від заданого значення, при двох позиційному регулюванні комплектом КП-1 не перевищують $\pm 1,5^\circ \text{C}$.

Висновки за розділом 3

1. Теоретично обґрунтовано конструктивні рішення електронагрівників.

2. Розроблено принципи побудови системи нагрівних пристроїв для тепличних комплексів.

4. РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБІГРІВУ ПАРНИКОВИХ КОМПЛЕКСІВ.

4.1. Автоматизація обігріву парників

В парниках вирощують розсаду для відкритого ґрунту і ранньоспілі овочі у весняний період. По технічному оснащенню і рівні механізації й автоматизації технологічних процесом вони займають проміжне місце між утепленим ґрунтом і аграрними теплицями.

Найпростіші парники обігрівають біопаливом, широке розповсюдження одержав обігрів гарячою водою і за допомогою електроенергії. Іноді сполучать водяний обігрів з електричним, котрий включається у період різких похолоданні і заморозків.

Унаслідок короткого терміну вигонки розсади і високої її щільності посадки (на 1 м² кілька сотень штук) економічно завжди ефективно використовувати для обігріву електричну енергію. Для обігріву використовують трубчасті й оголені нагрівальні елементи з питомою потужністю 100...200 Вт/м².

Розглянемо приклади автоматичного керування температурою за допомогою електричного обігріву.

Автоматизація обігріву парників і утепленого ґрунту як досить простих споруд захищеного ґрунту зводиться до автоматичного керування температурою ґрунту і повітря в залежності від погодних умов, виду і віку рослин.

Керування тепловим режимом може бути ручним (неавтоматизованим): переключення нагрівальних елементів на різні напруги, включення окремих груп нагрівачів і т. д. Однак автоматичне керування температурою в парниках куди важливіше: тільки витрати електроенергії в порівняно з ручним керуванням скорочуються на 15...20%.

Найпоширеніший спосіб автоматичного керування температурою в парниках заснований на принципі періодичного включення і відключення нагрівальних елементів за допомогою магнітних пускачів у залежності від температури всередині парника. Електрична схема керування режимом роботи нагрівальних елементів для однієї групи, що складається з чотирьох парників, показана на рисунку 4.1. Нагрівальні елементи переводять з однієї напруги живлення на іншу (220 чи 380 В) перемикачами *SA1* і *SA2*. Ручний режим задають, ставлячи тумблер *SA3* у положення *P*, автоматичний - у положення *A*, відключеному стану нагрівачів відповідає положення *O*. Для автоматичного керування тепловим режимом у повітряному просторі одного з 4...6 послідовно з'єднаних парників встановлюють датчик температури *BK*.

У парниках тільки з ґрунтовим обігрівом на групу парників ставлять один датчик температури ґрунту

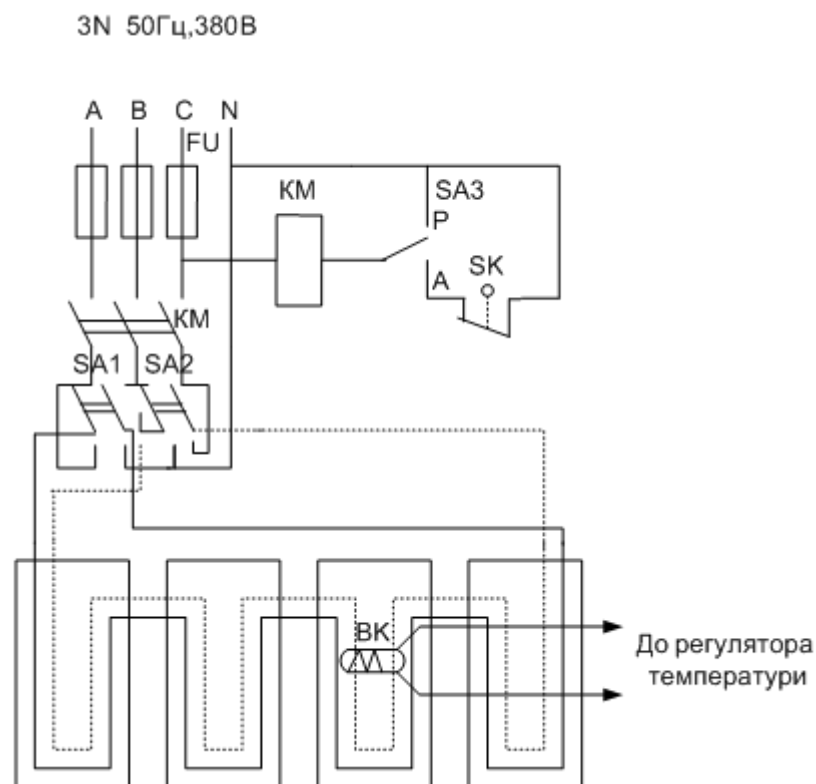


Рис.4.1. Схема автоматичного керування температурою в парниках із ґрунтово-повітряним електрообігріванням

При низькій температурі регулятор температури в автоматичному режимі роботи контактами *SK* включає магнітний пускач *KM* одночасно з подачею напруги 380/220 В. В міру підвищення температури до заданої контакти *SK* розмикаються, і пускач *KM* відключає нагрівальні елементи.

Електротехнічною промисловістю розроблено для парників комплектне устаткування типу КП-1. Воно призначено для автоматичного керування температурою повітря і ґрунту в парниках на 1920 рам із ґрунтовим і повітряним електрообігріванням. Воно ж може застосовуватися для керування температурою ґрунту і повітря в плівкових теплицях площею до 0,5 га. Електрообігрівання здійснюється від паралельно з'єднаних шести рядів сталевого неізолюваного проводу діаметром 6 мм, покладеного на глибині не менш 0,25 м у парнику з відстанню між проводами 0,25 м. Для обігріву повітря нагрівальні проводи монтують на внутрішніх бічних стінках парника.

Датчики встановлюють в одному з парників, розташованому в центрі кожної ділянки, що складається з 240 рам: у ґрунті на глибині 0,1 м — датчик температури ґрунту, а на бічній стінці парника — датчик температури повітря.

Електронагрівні елементи поєднують у 4 групи по 480 рам і підключають до трансформатора типу ТМОБ-63. Для живлення чотирьох таких трансформаторів встановлюють електричну підстанцію потужністю не менш 250 кВА.

Понижуючі трансформатори в режимі розігріву парника включають за схемою «зірка-зірка», а в режимі обігріву — за схемою «зірка-трикутник». Трифазна лінійна напруга на вторинній стороні можна встановлювати переключенням відгалужень трансформатора: у першому режимі 125, 103 і 85 В, а в другому — 70, 60 і 49 В. Розглянемо роботу принципової схеми комплексу обладнання для одного понижуючого трансформатора (рис. 4.2).

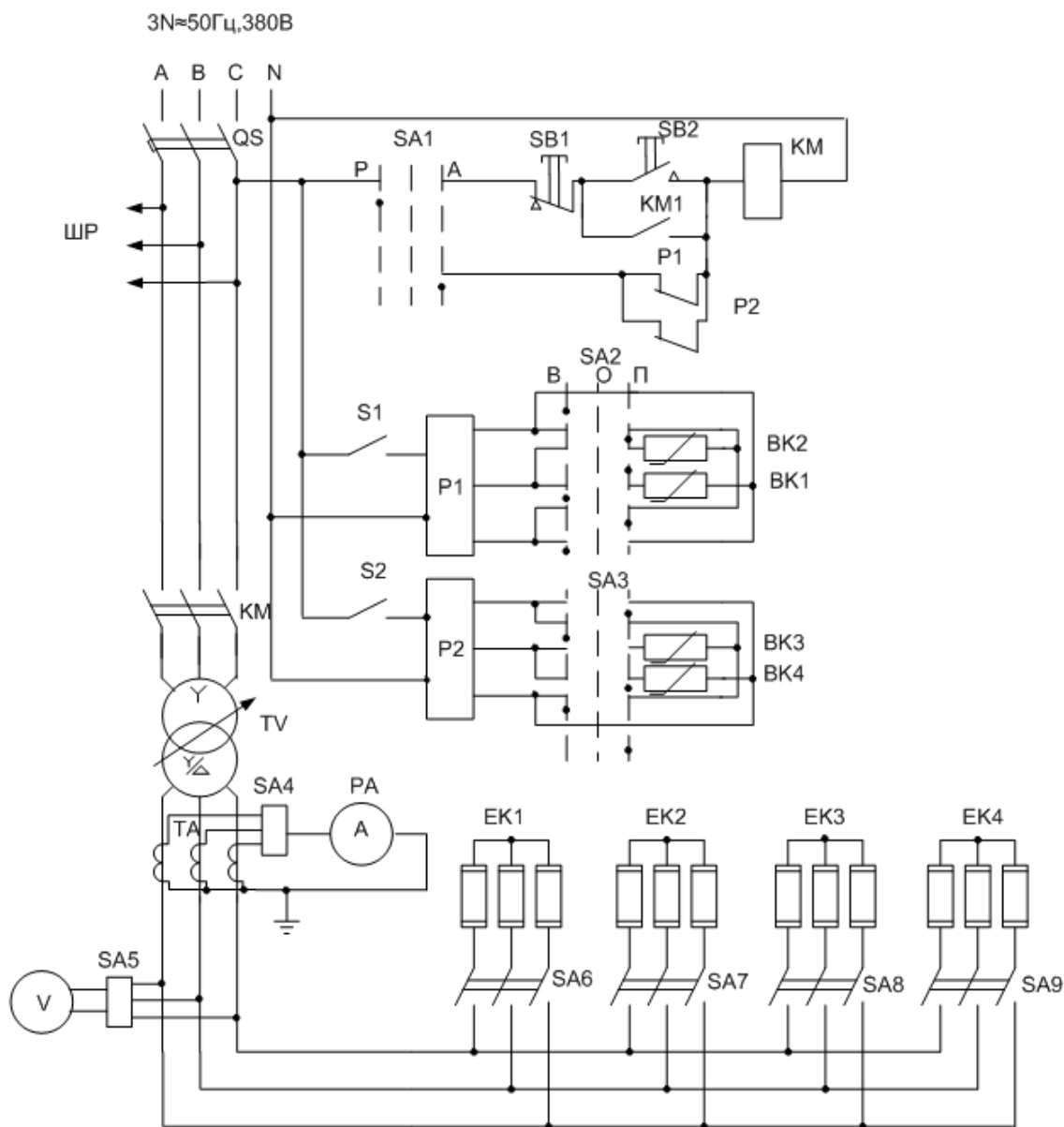


Рис. 4.2. Принципова електрична схема комплексу устаткування типу КП-1.

Обладнання може працювати в ручному режимі при встановленні універсального перемикача $SA1$ у положення P чи в автоматичному при встановленні $SA1$ у положення A . Ручне включення і відключення трансформатора й електронагрівників $EK1...EK4$ здійснюють дистанційно за допомогою кнопок «Пуск» $SB2$ і «Стоп» $SB1$, попередньо ввімкнувши відповідно рубильники $SA6...SA9$ обігріву ґрунту і повітря та автомат QF . Автоматичне керування здійснюється за допомогою логометрів $P1$ і $P2$, що

виконують одночасно роль регулятора і роль вимірювального приладу для візуального контролю фактичної температури ґрунту і повітря в парниках. У вимірювальні ланцюги логометрів включені за мостовою схемою термометри опору типу ТСМ, що є датчиками температури ґрунту *BK2*, *BK4* і повітря *BK1* і *BK3*.

Мостова схема врівноважується при заданій агрослужбою температурі. Якщо фактична температура нижче заданої, замикаються контакти *P1* чи *P2* і включаються магнітним пускачем *KM* трансформатор *TV* і електронагрівальні елементи. При підвищенні температури до заданої розмикаються контакти *P1* і *P2*, а магнітний пускач *KM* відключає електроживлення. Перемикачами *SA1* і *SA2* і рубильниками *SA6... SA9* включають обігрів ґрунту чи повітря. До штепсельного роз'єму *ШР* підключають електрифіковані механізми для обробки ґрунту і догляду за рослинами. Силу струму і значення напруги у всіх фазах контролюють амперметром і вольтметром з перемикачами *SA4* і *SA5*. Точність регулювання температури $+1,5^\circ$.

4.2. Автоматизація технологічних процесів в захищеному ґрунті

На основі розробленої математичної моделі і створеного програмного забезпечення проведений чисельний аналіз розподілу температури в приміщенні теплиці. Комп'ютерне моделювання температурних полів важливе при прогнозуванні параметрів мікроклімату теплиці в залежності від зовнішніх і внутрішніх факторів та забезпеченні їх необхідного діапазону і стабільності. результат, комп'ютерне моделювання розподілу температур ґрунту, повітря, споруд і рослин, приміщення теплиці, температурні поля

Споруди закритого ґрунту (СЗГ) - багатофакторне середовище, яке об'єднане поняттям мікроклімату. Основні фактори, які здійснюють вплив на систему - характеристики навколишнього середовища: температура, вологість повітря, швидкість вітру, довжина світлового дня та інтенсивність

сонячного випромінювання. Мікроклімат в приміщеннях закритого ґрунту характеризується температурами: ґрунту, повітря, рослинної маси (листя, стебла, плоду), а також вологістю та вмістом CO₂ у повітряному середовищі теплиці. На тепловий режим в приміщенні теплиці впливають не тільки параметричні чинники, а також обмеження конструкції будівлі (стіни, скління, перекриття). Фактори мікроклімату, які підлягають регулюванню - температура, вологість, концентрація CO₂ і освітленість. Вони змінюються в функції часу.

Дослідження теплових режимів безпосередньо в теплиці ускладнено через незручності, пов'язані із встановленням вимірювальної апаратури, невисокої точності методів та технічних засобів для контролю і вимірювання параметрів теплових режимів, неможливості позбутися впливу неперервної зміни температури, тривалістю проведення експериментів. Прискорити і спростити процес дослідження теплових режимів в теплиці можна за допомогою їх моделювання. При моделюванні несталих теплових процесів, необхідно враховувати елементи, які імітують процеси теплопередачі в ґрунті і елементи, які враховують теплоємність повітря в самій теплиці.

Моделювання температурних полів в теплиці грає важливу роль при виборі параметрів мікроклімату, їх прогнозуванні в залежності від зовнішніх (сонячне випромінювання, температура довкілля, вологість, матеріал огороження) і внутрішніх факторів (потужність повітряних і ґрунтових нагрівачів) та забезпеченні необхідного діапазону параметрів мікроклімату і його стабільності. Визначення температурних полів в теплиці важливе перш за все тим, що дозволяє вибирати наперед потужність обігрівачів, прослідити і проаналізувати взаємозв'язок інтенсивності сонячної радіації з матеріалом огороження, температурою та вологістю довкілля і на основі цього аналізу прогнозувати значення температур на поверхні ґрунту, рослин, огороження при різних зовнішніх та внутрішніх характеристиках теплиці, що є необхідним для оцінки явищ, що відбуваються в теплиці і визначити температуру в приміщенні теплиці взагалі. Теоретичному дослідженню

температурних полів теплиць присвячено ряд робіт [1,2,4-6,11,13], у яких були отримані деякі аналітичні рішення, проте вони були виконані при ряді істотних спрощень. До таких, перш за все, слід віднести постійність теплофізичних характеристик матеріалів огороження, ґрунту, рослин, повітря при зміні температури, спрощені уявлення про теплообмін з навколишнім середовищем і умови надходження тепла в теплицю і так далі.

Метою статті є розробка математичної моделі, що описує температурні режими в теплиці та комп'ютерне моделювання теплових процесів в системі.

Початкові умови побудови математичної моделі визначення температурного поля в системі теплиці навколишнього середовища . При побудові математичної моделі була прийнята наступна схема теплового балансу культивацийної споруди:

- сонячне випромінювання (радіація) частково поглинається світлопрозорим огороженням і потрапляє в теплицю, де перетворюється в теплоту на поверхні ґрунту;
- частина поглиненої теплоти передається конвекцією повітрю, частина - поглинається ґрунтом;
- теплота повітряному середовищу передається від повітряних калориферів, розташованих у верхній частині будівлі теплиці;
- теплота ґрунту передається від розміщених рівномірно в ґрунті кабельних (або водяних) проводів;
- теплота нагрітого повітря частково через укриття втрачається в оточуюче середовище;
- на зовнішній поверхні теплиці ставляться умови вільного теплообміну з навколишнім середовищем.

При побудові математичної моделі і визначенні температурного поля в системі теплиця - навколишнє середовище були прийняті такі спрощення:

- теплиця розглядається як певний об'ємний простір, обмежений світло - прозорою оболонкою, заповнений однорідним газом (повітрям), з нижньої частини об'єм обмежено поверхнею ґрунту;

- ґрунт розглядається як обмежений об'єм термічно однорідної маси;
- втрата теплоти на випаровування вологи (в першому наближенні) відсутня або компенсуються додатковою потужністю ґрунтових нагрівачів;
- поверхні огорожень (стін) теплиці знаходяться в умовах вільного конвективного теплообміну з навколишнім газовим середовищем, знаходиться у спокої (атмосферне повітря).

Вважали, що в початковий момент часу температура в теплиці розподілена рівномірно і дорівнює температурі навколишнього середовища. Тобто для початкового розподілу температури виконується умова $t_e = t_3$, де t_B - температура внутрішнього повітря в приміщенні теплиці, °С; t_3 - температура зовнішня, °С. Граничні умови вибирали з міркувань, що система симетрична. На зовнішній поверхні, граничні умови, згідно прийнятими допущенням, визначалися інтенсивністю тепловиділення в теплиці і теплообміном з навколишнім середовищем. Інтенсивність конвективного теплообміну відкритих ділянок теплиці, які контактують з навколишнім середовищем, визначали коефіцієнтом тепловіддачі a , який пов'язаний з числом Нюссельта Nu та характеризує конвективний теплообмін (число Нюссельта приймали рівним 0,35...0,36). Враховували, що теплиця знаходиться в умовах природного теплообміну, тобто рух навколишнього середовища обумовлений, перш за все, конвективним відтоком нагрітих шарів середовища, що контактують зі спорудою, ґрунтом, повітрям, рослинами. Окремо розглядали постановку граничних умов на поверхні зіткнення повітря із стінами теплиці. Тут, по суті, здійснюється контакт двох середовищ з різними теплофізичними характеристиками, які відповідають матеріалам споруди (стін) і повітря. Таким умовам відповідають граничні умови IV-ого роду, що мають на увазі рівність температур і рівність теплових потоків.

Початкові рівняння. Поставлене в дослідженнях завдання з врахуванням викладених допущень може бути представлено у вигляді

системи рівнянь теплового балансу для: поверхні ґрунту, повітря, світлопроникного огороження і для покриву рослин. Функціональні залежності між температурою повітря в приміщенні теплиці, температурою ґрунту та температурою рослинного покриву визначали системою диференціальних рівнянь:

Рівняння теплового балансу для поверхні ґрунту:

$$J \cdot f + P_{ep} = (m_{ep} \cdot c_{ep} + m_p \cdot c_p) \cdot \frac{d\Theta}{d\tau} + \alpha \cdot f \cdot (\Theta - t), \quad (4.1)$$

Рівняння теплового балансу для повітря:

$$P_n + \alpha \cdot f \cdot (\Theta - t) = m_n \cdot c_p \cdot \frac{dt}{d\alpha} + \alpha_n \cdot F_c \cdot (t_c - \Theta_c) + \alpha_p \cdot f_p \cdot (f_n - \Theta_p) \quad (4.2)$$

Рівняння теплового балансу для світлопроникного огороження:

$$m_c \cdot c_c \cdot \frac{d\Theta_c}{d\tau} + \alpha_c^b \cdot F_c^b \cdot (t_b - \Theta_c) = \alpha_c^b \cdot F_c^b \cdot (\Theta_c - t_b) \quad (4.3)$$

Рівняння теплового балансу для рослин:

$$m_p \cdot c_p \cdot \frac{d\Theta_p}{d\tau} = \alpha_p \cdot f_p \cdot (t_b - \Theta_p), \quad (4.4)$$

де θ , t , t_3 - температури ґрунту, повітря і зовнішнього середовища відповідно, в °С;

t_e - температура внутрішнього повітря в приміщенні теплиці, °С;

θ_c - температура огорожі, $\text{кДж} \cdot \text{м}^2$;

θ_p - температура рослинного покриву, °С;

m_c - маса огороження (стіни), $\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{°С}$;

m_{ep} - маса ґрунту, кг;

m_n - маса повітря, кг;

m_p - маса рослинного покриву, кг;

C_{gp} - питома теплоємність гранта, $\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{°С}$;

C_n - теплоємність повітря, $\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{°С}$

C_c - питома теплоємність огороження (стіни), $\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{°С}$

C_p - теплоємність рослин, $\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{°С}$;

P_n, P_{zp} - потужність повітряних і ґрунтових обігрівачів, $Вт$;

P_n - потужність повітряного обігріву, $Вт/м^2$;

P_{zp} - потужність ґрунтових обігрівачів, $Вт/м^2$;

I - інтенсивність освітлення (сонячна радіація - випромінювання), $Вт/м$;

R_v - вологість повітря, % ;

f - поверхні ґрунту, $м^2$;

F^{bc} - поверхня огороження із скла, $м^2$;

a - коефіцієнт тепловіддачі, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$;

a^b_c - коефіцієнт тепловіддачі від ґрунту та повітря , $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$;

$f_n f_p$ - поверхні повітря та рослини відповідно, $м^2$.

Вибір методу розрахунку температур. Рівняння теплового балансу та розподілу температур на поверхні: ґрунту (1), споруд (3), рослин (4) і температур повітря (2) повністю визначає тепловий стан теплиці в просторі і в часі. Зважаючи на нелінійність коефіцієнтів рівняння, нестационарність і складність постановки граничних умов, можливості аналітичного рішення такої задачі обмежені. Зважаючи на ці причини поставлене завдання вирішувалося чисельно, методом кінцевих різниць [5, 6, 8 - 16]. При вживанні його здійснюється перехід від безперервної області зміни аргументів $\Theta_p, \Theta, \Theta_c, t$ до звичайно-різницевої просторово-часової сітки з безліччю точок-вузлів $\Theta_{pj}, \Theta_j, \Theta_{cj}$ і t_i . При розрахунках використовувалася рівномірна прямокутна просторова розрахункова сітка з кроком по радіальній і аксіальній координатах $\Delta \Theta = \Theta_{j+1} - \Theta_j$, де $j=1 \dots N\theta$ і $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ де $i = 1 \dots Nt$. Для звичайно-різницевої апроксимації рівнянь (1-4) використовувалася просторова п'ятиточкова різницева схема з двошаровою неявною схемою за часом. Отримані рівняння вирішувалася методом прогону, який комбінували з методом змінних напрямів [8-16]. Стійкість різницевої схеми, яка використовувалася, досліджувалася шляхом зміни кроків сітки, які вибиралися такими, щоб подальше їх зменшення не

позначалося на виді отриманого чисельного рішення в межах точності обчислень, що задавалася.

Комп'ютерне моделювання розподілу температур в теплиці. Температурні поля. Розроблене програмне забезпечення SWTemp для комп'ютерного моделювання теплового стану теплиці, дозволяє в інтерактивному режимі проводити детальні чисельні дослідження і оптимізацію теплових режимів в середовищі, з врахуванням зовнішніх і внутрішніх параметрів, які впливають на температурні поля в теплиці: інтенсивність сонячного випромінювання, вологість, потужність ґрунтових і повітряних обігрівачів, а також на її мікроклімат в цілому. Дане програмне забезпечення може бути використано для прогнозування просторово-часового розподілу температури в системі залежно від її геометричних параметрів, властивостей ґрунту, повітря, рослин, матеріалів огороження (стіл), а також технологічних режимів теплиці.

Початкові дані прийняті для моделювання представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Початкові параметри, які характеризують мікроклімат теплиці

Параметри мікроклімату теплиці	Значення
1	2
t_0 - початкова температура, °C	1°C
t_3 - температура зовнішня, °C	-1...-10°C
ω - частота коливань, π	71/12x3600
t_B - температура внутрішнього повітря в приміщенні теплиці, °C	18...24 °C
θ^0 - початкова температура ґрунту, °C	1...2°C
θ_C - температура огороження, °C	20,95 кДж·м ²
θ_P - температура рослинного покриву, °C	1,05-10 ³
m_P - маса рослин, кг	0,9 кг

1	2
$m_{п}$ - маса повітря, кг	$0,3 м = 1,24 \text{ кг/м}^3$
$m_{гр}$ - маса ґрунту, кг	1200... 1600 кг
$P_{п}$ - потужність повітряного обігріву, Вт/м	120...500 Вт/м ² ;

На основі розробленої математичної моделі і створеного програмного забезпечення проведений чисельний аналіз особливостей розподілу температури в приміщенні теплиці.

Результати чисельного аналізу отримані за допомогою програми SWTemp для комп'ютерного моделювання теплового стану теплиці.

На рисунках 4.3 і 4.4 представлені у вигляді температурних полів, які відображають вплив інтенсивності сонячної радіації, питомої потужності джерела тепла на розподіл температури в ґрунті та повітрі теплиці.

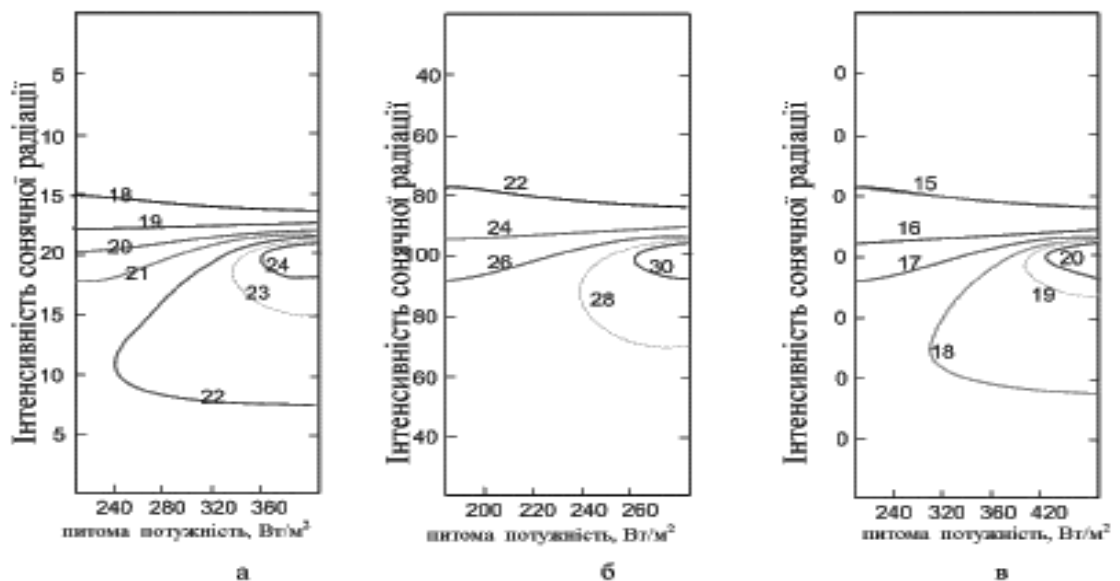


Рис.4.3. Вплив інтенсивності сонячної радіації на розподіл температури в ґрунті теплиці і кількості необхідної питомої потужності джерела тепла для розігріву ґрунту до необхідної температури.

а - похмурий день; б - сонячний день; в – ніч

На рис.4.3. і 4.4. температурне поле в теплиці, представлене у вигляді системи, навколишнє середовище - огороження - грунт, яка змінюється в кожний розрахований момент часу. Поточний тепловий стан теплиці має вигляд ізолій температури.

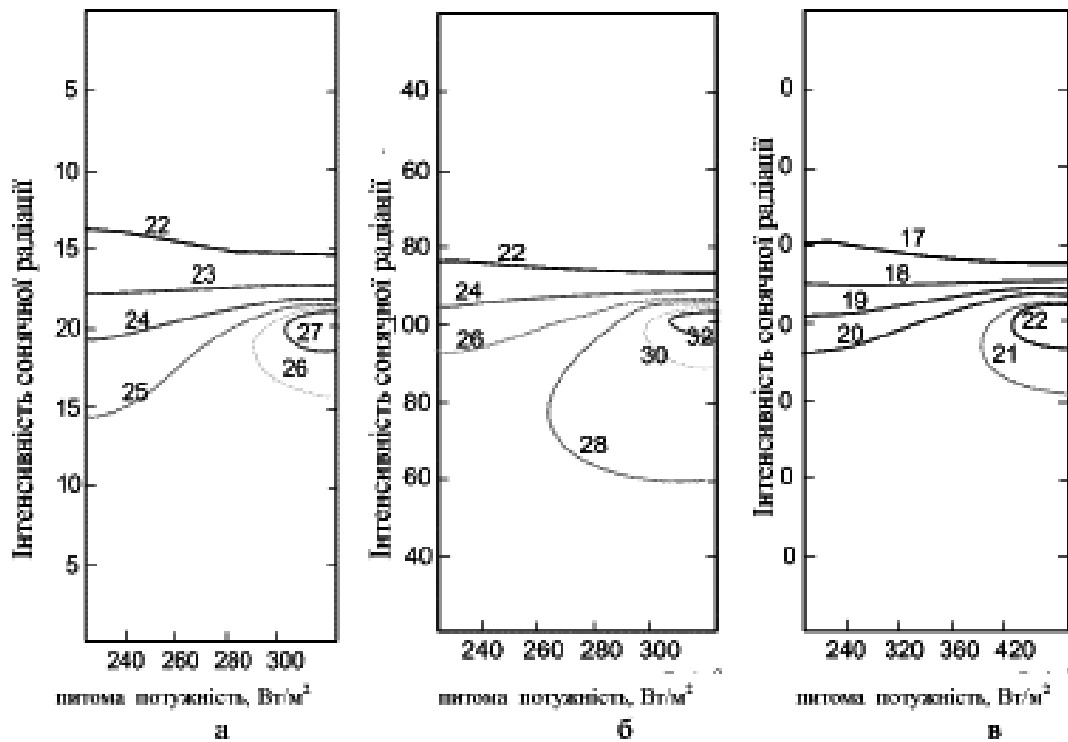


Рис.4.4. Вплив інтенсивності сонячної радіації на розподіл температури в повітрі теплиці і кількості необхідної питомої потужності джерела тепла для розігріву повітря до необхідної температури.

а - похмурий день; б - сонячний день; в – ніч

4.3. Проект індукційного обігріву теплиці і парників

Замість проводу ПОСХВ і ПСХП можна використовувати нестандартний індукційний трубчастий нагрівник зі змінним поперечним перетином. Такі нагрівники розраховуються аналогічно як і вказані вище нагрівні проводи. Кріплення також може бути тим самим. Особливістю є тільки вибір довжини, який здійснюється за умови, що вона визначається експериментально за величиною загального електричного опору. Якщо

знехтувати зсувом фаз, то можна замінити систему нагрівання нагрівними проводами на нагрівання дешевим індукційним способом

Монтажна схема під'єднання індукційних нагрівників в теплиці представлена на рис 4.5.

В повітрі і в ґрунті труби монтуються відкрито. Схема монтажу виконана аналогічно монтажу електронагрівних проводів.

Потужність для обігріву кварталу парника, працюючого в зимній період та призначеного для вирощування салату, $t_{\text{сал.}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Застосовуємо подвійно засклені рами. Тоді загальна потужність парника визначатиметься за формулою

$$P = \xi_c F (t_b - t_n), \quad (4.5)$$

де P – потужність для обігріву парника, кВт.

ξ_c — тепловіддача парника, Вт/ос м²;

F – засклена площа парника, м²;

t_b — внутрішня температура в парнику, °С;

t_n — температура повітря, °С.

Визначення тепловіддачі парника

$$\xi_c = \xi_1 + \xi_2, \quad (4.6)$$

де ξ_1 – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до зовнішнього;

ξ_2 – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до ґрунту, $\xi_2 = 1,2 \text{ Вт/}^\circ\text{C м}^2$.

Визначимо коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до зовнішнього ξ_1 . Будемо рахувати, що вітру нема, парники добре захищені. Тоді $\xi_b = \xi_n = 10 \text{ Вт/}^\circ\text{C м}^2$. Прийmemo такі висхідні дані для розрахунку:

n – число засклень – 2; δ_c – товщина скла – 0,002 м; λ_c – теплопровідність скла – 0,7 Вт/°С м; λ_n – теплопровідність покриття – 0,05 Вт/°с м; δ_n – товщина захисного покриття, 0,05 м. Покриття використовується тільки в дуже холодні дні, при температурі нижче – 25 °С.

λ_v – теплопровідність повітря; δ_v – товщина повітряного проміжку між склом – 0,05 м.

$$\delta_v/\lambda_v = 1 \quad (4.7).$$

а) для другого засклення $\xi_{cn=2} = 1,2 + 0,83 = 2,03$ Вт/град м².

б) для одинарного засклення $\xi_{cn=1} = 1,2 + 4,93 = 6,15$ Вт/°с м².

Визначення площі парника.

$$F_{\text{парн}} = m_1 \cdot m_2 \cdot F_{\text{рами}}. \quad (4.8)$$

де m_1 – число парників 1 кварталу, $m_1 = 12$ штук;

m_2 – число рам 1 парника, $m_2 = 20$ штук;

$F_{\text{рами}}$ - площа одної рами, м², стандартні розміри рами $F_{\text{рами}} = 1,6 \cdot 1,7$ м².

Загальна площа парника тепличного комплексу буде

$$F_{\text{парн}} = 12 \cdot 20 \cdot 1,7 = 408 \text{ м}^2.$$

Визначення потужності парника.

а) для одинарного засклення

$$P_{n=1} = \xi_2 F (t_v - t_n). \quad (4.9)$$

Тобто

$$P_{n=1} = 6,1 \cdot 408 (20 + 25) = 112600 \text{ Вт}$$

б) для подвійного засклення

$$P_{n=2} = 2,03 \cdot 408 \cdot 45 = 37400 \text{ Вт}$$

Висновок: $P_{n=1} > P_{n=2}$ в 3 рази. Тобто застосування подвійного засклення парника зменшує витрати енергії в три рази, тобто є економічно доцільним. Визначимо необхідну товщину теплоізоляційного захисного покриття δ_n . Зовнішню температуру приймаємо – 25 °С.

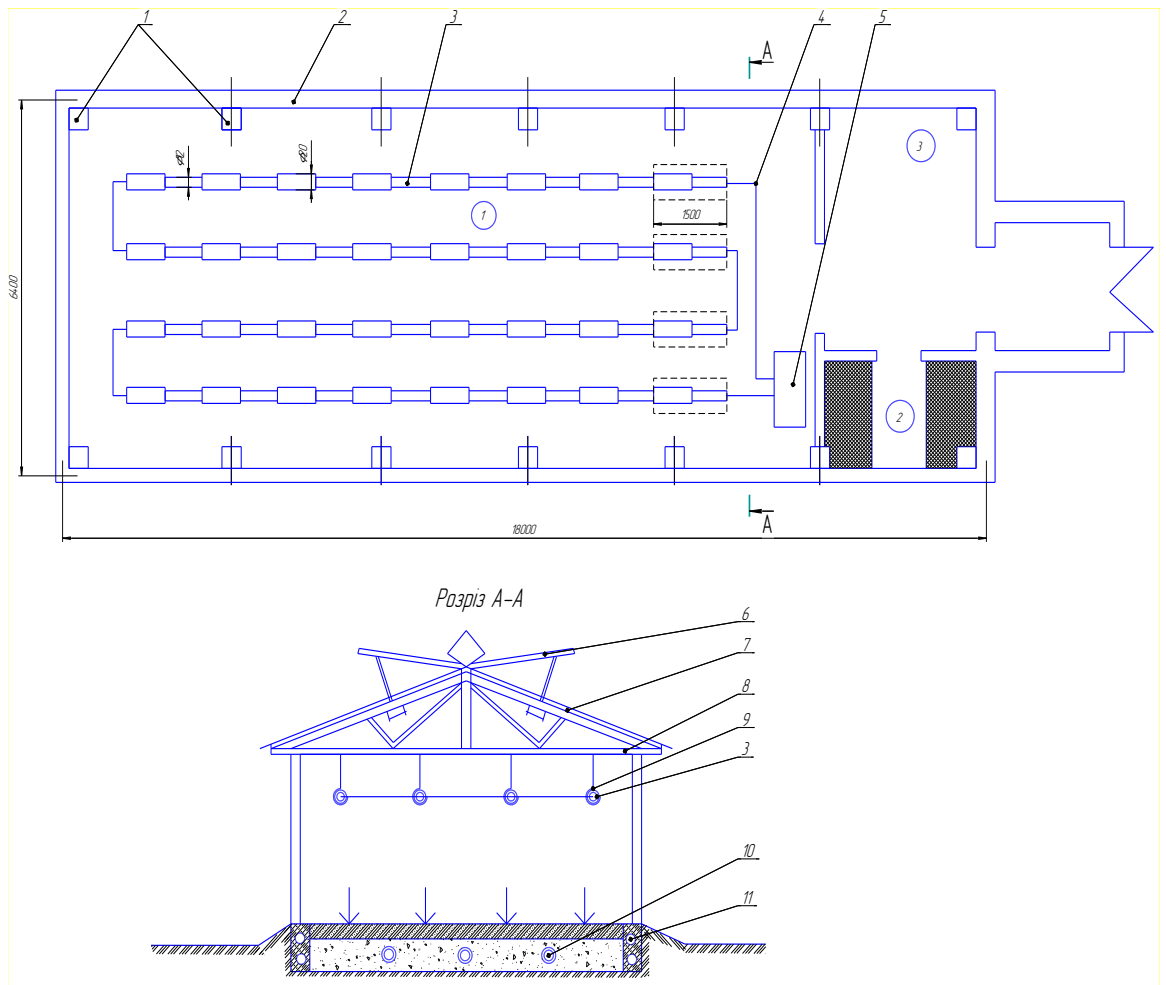


Рис 4.5. Монтажна схема під'єднання індукційних нагрівників в теплиці
 1 - бетонна опора; 2 - стіна-обшивка; 3 - повітряний індукційний трубчастий нагрівник; 4 - електропровід для живлення нагрівника; 5 - електрощит; 6 - фромуга; 7 - скляний даховий покрив; 8 - несуча рама; 9 - ізоляційне кріплення нагрівників 10 - індукційний трубчастий нагрівник ґрунту; 11 - магістральний водогін.

$$\epsilon_1 = \epsilon_c - \epsilon_2 = 1,65 - 1,2 = 0,45 \text{ Вт/}^\circ\text{С м}^2,$$

Або :

$$1/\epsilon_1 = 1/0,45 = 2,22.$$

Визначимо відношення δ_n/λ_n

$$\delta_n/\lambda_n = 1/\epsilon_1 - [1/\epsilon_B + 1/\epsilon_H + n \cdot \delta_c/\lambda_c + \delta_B/\lambda_B (n - 1)] \quad (4.10)$$

Тобто

$$\delta_n / \lambda_n = 2,22 - [1,2057] = 1,014$$

Розрахункова товщина покриття

$$\delta_n = 1,014 \lambda_n \quad (4.11)$$

Тобто

$$\delta_n = 1,014 \cdot 0,05 = 0,051 \text{ м} = 5,1 \text{ см.}$$

Отримана величина " δ_n " відповідає розміру фактично застосованому матовому покриттю.

Додаткові витрати на подвійне застакнення окупні тим, що увесь теплично-парниковий комплекс може використовуватись цілий рік.

Схема індукційного підігріву парника є аналогічною до схеми підігріву за допомогою нагрівних проводів в трубах.

Запропонований індукційний спосіб обігріву парника показано на рис 4.2, план теплично-парникового комплексу та розташування електрообладнання представлено на рис 4.3. В таблиці 4.2.приведена специфікація виробничих об'єктів теплично-парникового комплексу та електроспоживачі.

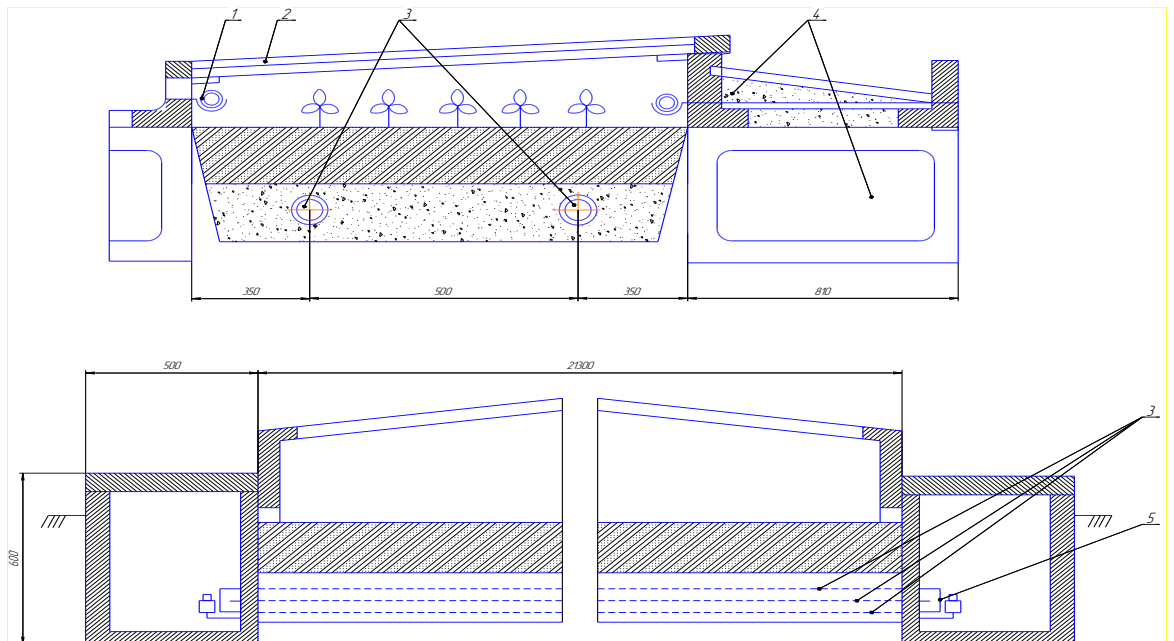


Рис. 4.2. Запропонований індукційний спосіб обігріву парника

1 - індукційний трубчастий нагрівач повітря; 2. - засклена рама; 3. - індукційний нагрівник ґрунту; 4. - приямок; 5. - клемник.

Дана розробка компонування теплично-парникового комплексу є реальною пропозицією для господарств приміської зони з урахуванням ринкової інфраструктури регіону. Дані таблиці 4.2. сформовані на основі наявного в господарстві обладнання та його можливостей придбання нового. Іноді те, що на перший погляд видається алогічним може нести в собі глибокий зміст.

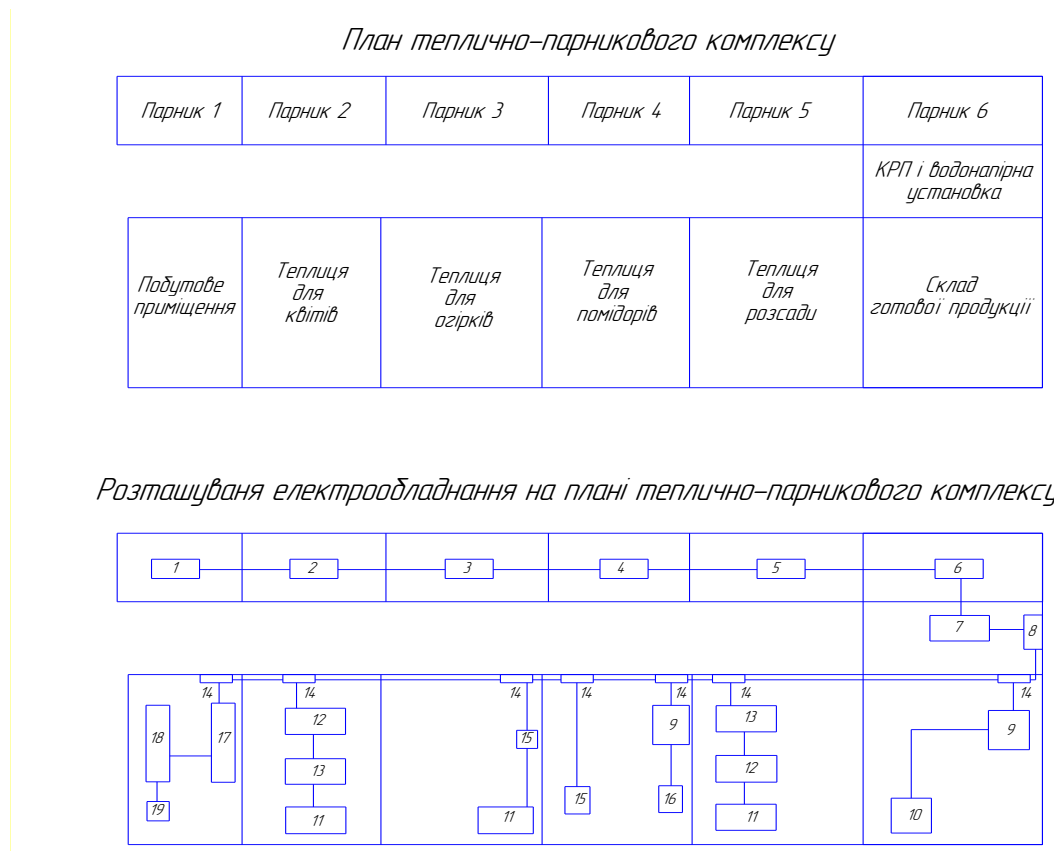


Рис 4.3. План теплично-парникового комплексу та розташування електрообладнання

1-6 – нагрівники ґрунту прямого електронагріву; 7 – електродвигун водонапірної установки; 8 – електрощит трифазного вводу ;9 – індукційний нагрівник повітря; 10 – трифазний двигун вентиляційної установки; 11– трубчасті електронагрівники повітря (ТЕНи); 12 – трубчасті електронагрівники ґрунту; 13 – освітлювально-опромінюючий пристрій; 14–

електрощит; 15 – індукційний нагрівник ґрунту; 16 – досвічувальний пристрій; 17 – розточуючого; 18 – однофазний електродвигун циркулярки; 19 – електродвигун постійного струму розточуючого пристрою.

4.4. Автоматизація мікроклімату в теплицях за допомогою програмних контролерів

Програмні контролери та регулятори, в даний час, широко використовуються для підтримання мікроклімату. Їх можна програмувати не тільки по температурі, а у часі на весь період вирощування рослин в теплицях. За допомогою інтерфейсу підключати до ПК та реєструвати, контролювати показники та коректувати технологічні параметри вирощування рослин.

Регулятор температури і вологості, програмований за часом, МПР51-Щ4 призначений для управління багатоступінчатими температурно - вологісними режимами технологічних процесів (рис 4.4). Застосовується МПР51 як вимірник-регулятор температури і вологості, вимірник-регулятор температури і різниці температур. Двохканальний вимірник-регулятор температури з додатковим каналом сигналізації.

Регулятор температури і вологості виконує наступні автоматичні функції:

Вимірювання трьох параметрів: температури «сухого» термометра, $T_{\text{сух}}$; температури «вологого» термометра, $T_{\text{вл.}}$; температури повітря, $T_{\text{пов}}$;

Обчислення двох додаткових параметрів: різниці температур ; вологості ψ психрометричним методом (за свідченнями «сухого» і «вологого» термометрів);

Два ПД-регулятори для підтримки будь-яких двох з п'яти вище перелічених величин з високою точністю;

Чотири вихідних реле для підключення ТЕНів, охолоджувальних систем, засувок і інших виконавчих пристроїв.

Регулювання за заданою користувачем програмою;

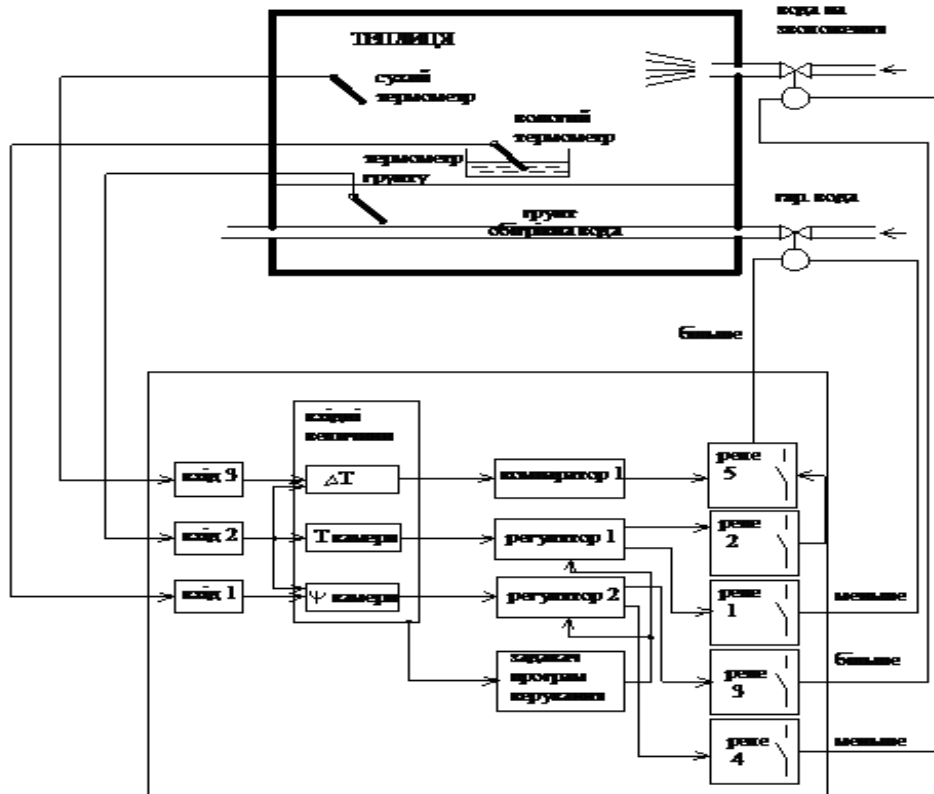


Рис.4.4. Приклад використання регулятора температури і вологості, програмований за часом, МПР51-Щ4

Регулятор температури і вологості виконує наступні автоматичні функції:

Вимірювання трьох параметрів: температури «сухого» термометра, $T_{\text{сух}}$; температури «вологого» термометра, $T_{\text{вл.}}$; температури повітря, $T_{\text{пов}}$;

Обчислення двох додаткових параметрів: різниці температур ; вологості ψ психрометричним методом (за свідченнями «сухого» і «вологого» термометрів);

Два ПД-регулятори для підтримки будь-яких двох з п'яти вище перелічених величин з високою точністю;

Чотири вихідних реле для підключення ТЕНів, охолоджувальних систем, засувок і інших виконавчих пристроїв.

Регулювання за заданою користувачем програмою;

Додаткове реле і 8 транзисторних ключів: для сигналізації про аварію і про закінчення виконання програми; для управління додатковим обладнанням;

Рівні захисту настройок приладу для різних груп фахівців (налагоджувачів, технологів і т. д.);

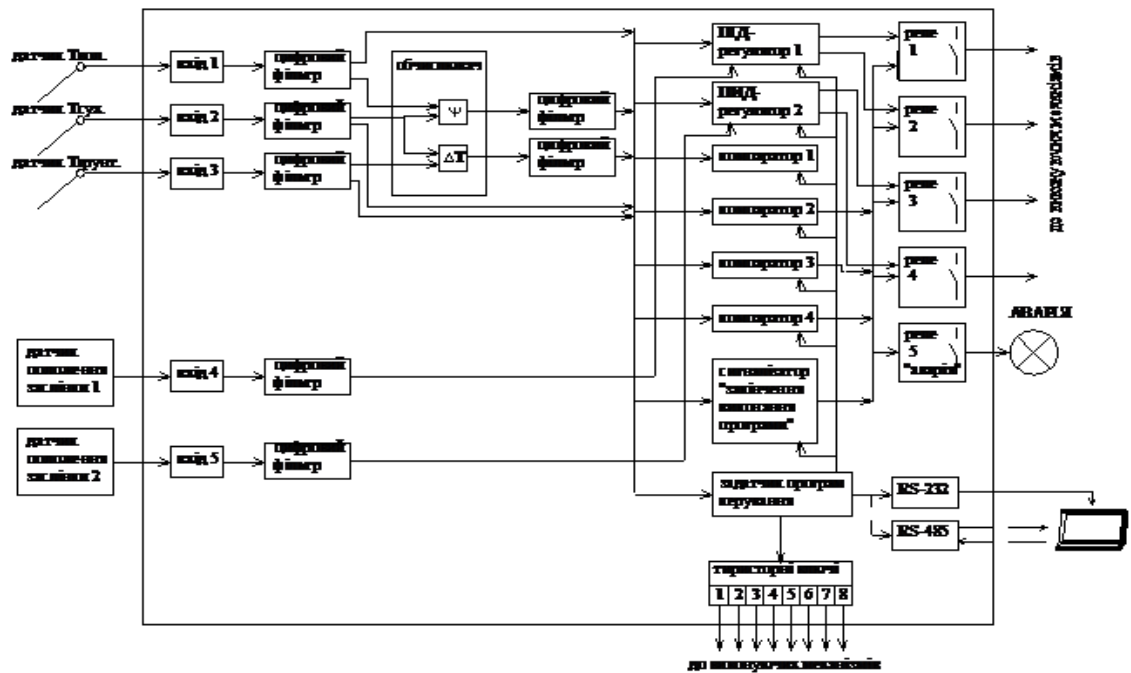


Рис. 4.5. Функціональна схема приладу МПР51-Щ4

Реєстрація контрольованих параметрів на ПК через адаптер мережі ОВЕН АС2 по інтерфейсу RS-232;

Вбудований інтерфейс RS-485 по заказу;

Конфігурація на ПК за допомогою програми - конфігуратора (для підключення до ПК використовується спеціальний кабель).

Регулятор МПР51-Щ4 має три входи для вимірювання температур: датчики температури $T_{сух}$, $T_{вол}$ і $T_{пов}$ і підключають до входів 1...3. Прилад має дві модифікації входів: для підключення датчиків TCM/ТСП опором 50 Ом; та для підключення датчиків TCM/ТСП опором 100 Ом, а також R100. також використовуються резистивних датчики положення засувки, які підключаються до входів 4 і 5 (рис. 4.6)

За допомогою 2 ПД-регуляторів МПР51-Щ4 забезпечують точну підтримку будь-яких двох з п'яти виміряних і обчислених параметрів: $T_{сух}$, $T_{вол}$, $T_{пов}$, ψ і ΔT . (рис. 4.6).

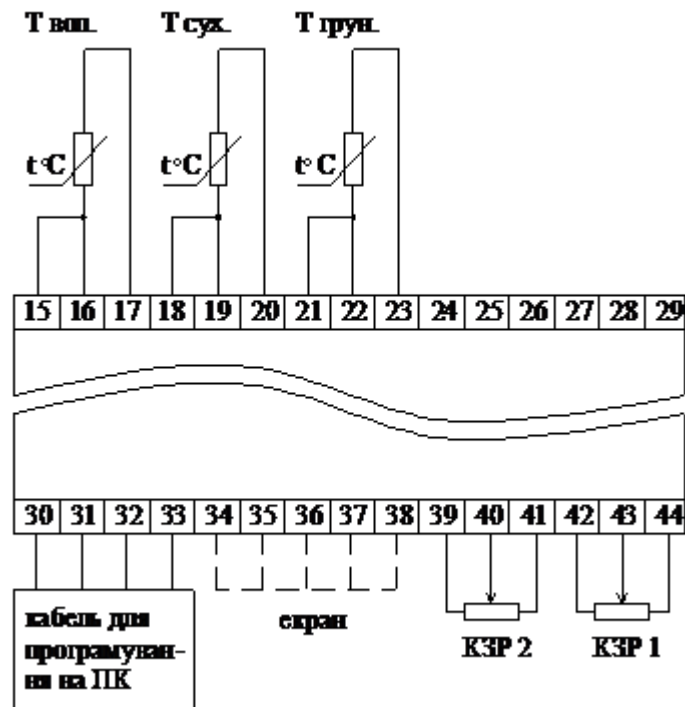


Рис.4.6. Схема підключень вимірювальних датчиків і датчиків положення заслінки.

Для регулювання в МПР51-Щ4 використовуються 4 двохпозиційних нормально розімкнених реле із струмом контактів на 4 А при 220 В, які попарно закріплені за ПД-регуляторами. ПД-регулятори можуть управляти різними виконавчими механізмами: двохпозиційним (ТЕНом, охолоджувачем) з використанням одного реле; трьохпозиційним (засувкою) з використанням двох реле (рис. 4.7).

Для управління додатковим обладнанням або для сигналізації про хід технологічного циклу можна використовувати п'яте реле «Аварія» або 8 транзисторних ключів з відкритим колектором.

Будь-яке незадіяне реле може використовуватися одним з компараторів для сигналізації про вихід контрольованої величини за задані межі або для двохпозиційного регулювання.

Зміна параметрів регулювання здійснюється за заданою користувачем програмою, що складається з послідовних кроків. На кожному кроці програми можуть бути задані: вхідна величина (з п'яти можливих) для кожного ПД-регулятора; Т вставки підтримуваних температур і вологості; умови переходу до наступного кроку — за часом і (або) після досягнення заданого значення температури (вологості); швидкість виходу на вставку; режими проходження імпульсів для транзисторних ключів.

Програми запам'ятовуються в незалежній пам'яті приладу, а потім використовуються по вибору користувача. Кількість програм, що зберігаються в пам'яті приладу, залежить від числа кроків в кожній. Кількість кроків в програмі задається користувачем. Всього прилад може зберігати від 60 програм по 7 кроків кожна до 5 програм по 99 кроків кожна.

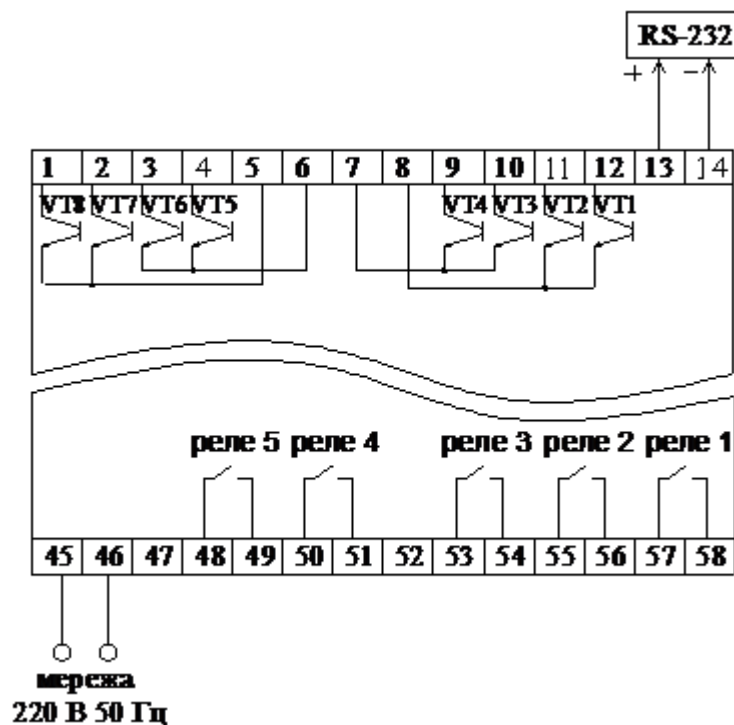


Рис. 4.7. Схема підключення транзисторних ключів і вихідних пристроїв.

- при діагностиці неможливості продовження роботи;
- після закінчення виконання програми;
- при виході будь-якого з регульованих параметрів за задані межі;

- при обриві або короткому замиканні датчика.

У разі тимчасового відключення живлення під час виконання програми подальші дії приладу визначаються по заданому користувачем алгоритму.

Значення параметрів задаються за допомогою кнопок на лицьовій панелі приладу. Для кожної групи фахівців (налагоджувачів, технологів і т. д.) є своя група параметрів, доступ до якої можливий тільки через пароль.

Існує можливість завдання і зміни параметрів МПР51-Щ4 за допомогою програми-конфігуратора на ПК. Для цього прилад необхідно підключити до ПК за допомогою спеціального кабелю.

У приладі передбачена можливість реєстрації ходу технологічного процесу на ПК. Для реєстрації можна використовувати SCADA-систему Owen Process Manager або яку-небудь іншу програму.

Залежно від модифікації, підключення приладу до ПК здійснюється по інтерфейсу RS-232 через адаптер мережі ОВЕН АС2 або по інтерфейсу RS-485 через адаптер АС3-м або АС4.

Восьмиканальний універсальний ПІД-регулятор ТРМ148 призначений для побудови автоматизованих систем клімат-контроля і має 8 універсальних входів для підключення широкого спектру датчиків та 8 вбудованих вихідних елементів різних типів у вибраній користувачем комбінації для управління виконавчими механізмами (рис 4.8.):

2-х позиційними (ТЕНи, двигуни, пристрої сигналізації);

3-х позиційними (засувки, крани).

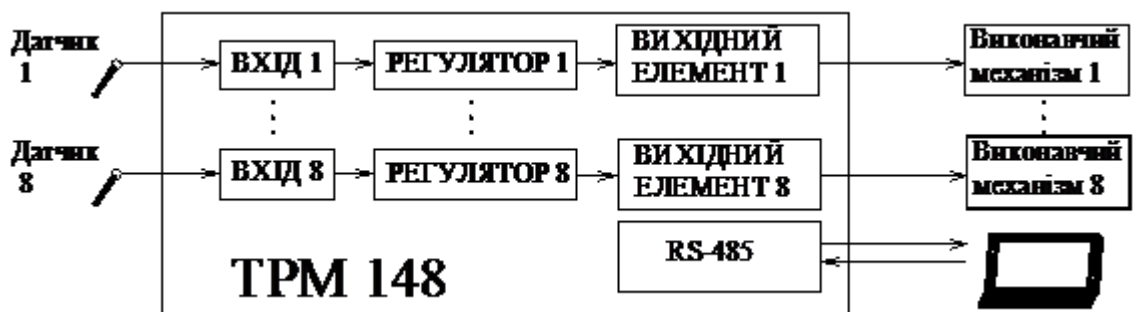


Рис. 4.8. Функціональна схема приладу ТРМ148.

Регулятор виконує обчислення додаткових функцій від вимірних величин (квадратного коріння, різниці, середнього арифметичного, відносної вологості психрометричним методом, мінімуму, максимуму і ін.). Здійснює, відповідно до завдання, корекцію графіка вставок по вимірюваннях з іншого входу або за часом.

Регулятор здійснює автонастройку ПД-регуляторів. Має режим ручного управління вихідною потужністю, та можливість підключення ПК через вбудований інтерфейс RS-485 .

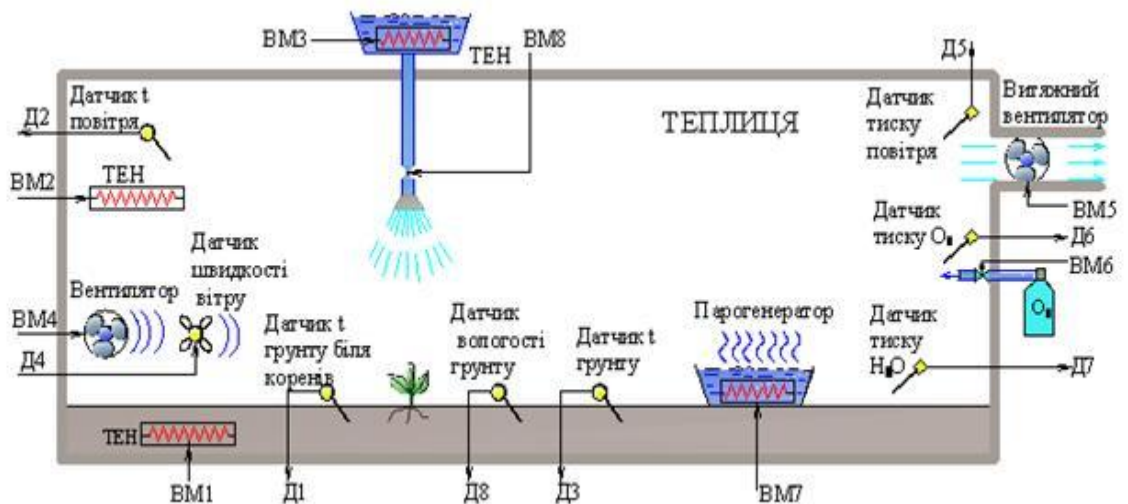


Рис. 4.9. Приклад використання Восьмиканального універсального ПД-регулятора ТРМ148 для підтримання мікроклімату в теплиці.

Розміщення датчиків Д1-Д8 в теплиці та виконавчих механізмів ВМ1-ВМ8 показано на рисунку 4.9. Датчик температури Д1 ґрунтується на рівні коріння рослин, керує роботою обігрівача ґрунту ВМ1. Датчик температури повітря Д2 здійснює керування ТЕНами підігріву повітря. Вентилятор для подачі повітря в теплицю автоматично керується в залежності від швидкості переміщення повітря Д4, а витяжним вентилятором ВМ5 автоматично керує датчик тиску повітря Д5. Датчик тиску O_2 подає сигнал на керування подачею через електроклапан ВМ6 кисню. Датчик вологості Д8 через регулятор здійснює керування електроклапаном подачі води на полив ВМ8, а температура цієї води підтримується ТЕНами ВМ3 за допомогою датчика Д3.

4.5. Автоматизація нагрівних установок з використанням регуляторів та програмних контролерів

Універсальний двохканальний програмний ПІД-регулятор ТРМ151 використовується для створення систем управління різного рівня складності — від контурів локального регулювання до комплексних систем управління об'єктами з інтеграцією в АСУ. Регулятор має лінійку стандартних модифікацій для найпоширеніших технологічних процесів, використовуючи два вбудовані універсальні входи і два виходи з можливістю розширення входів і виходів шляхом підключення модулів ОВЕН МВА8, МВУ8 по інтерфейсу RS-485 (у замовленій конфігурації)

Універсальний програмний ПІД-регулятор здійснює програмне управління різними виконавчими механізмами: 2-х позиційними (ТЕНи, двигуни); 3-х позиційними (засувки, крани) та додатковими пристроями (заслінки, жалюзі, газо - або парогенератори і т. п.). (рис. 4.10, 4.11) Регулятор має широкі можливості конфігурації на ПК або з передньої панелі приладу: різні рівні доступу для оператора, технолога і налагоджувача системи; для кожної стандартної модифікації приладу свій зручно організований набір параметрів.

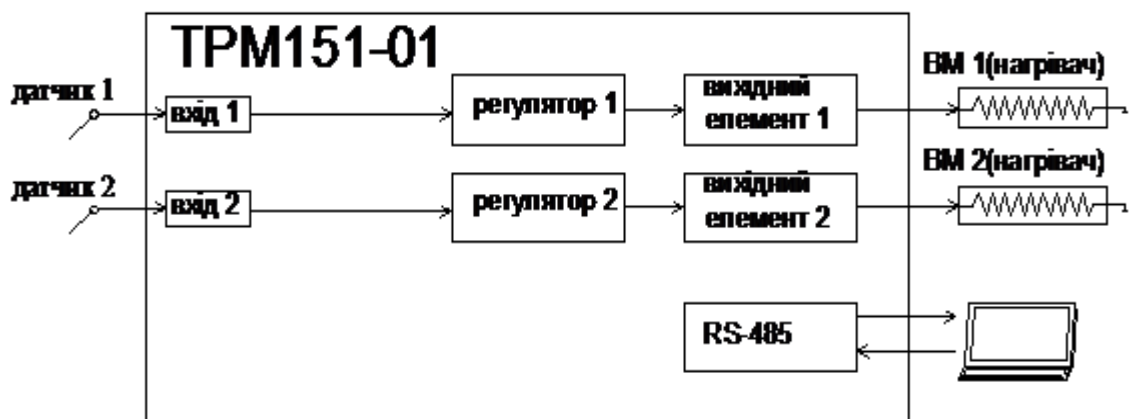


Рис.4.10 Функціональна схема використання Універсального двохканального програмного ПІД-регулятора ТРМ151

Одноканальне покрокове регулювання, при якому вставка регулятора може бути зкоректована По визначеній функції від значення, виміряного на вході 2. Має блок інспектора, з'єднаного з виходом 2. Використовується в погодозалежних системах обігріву

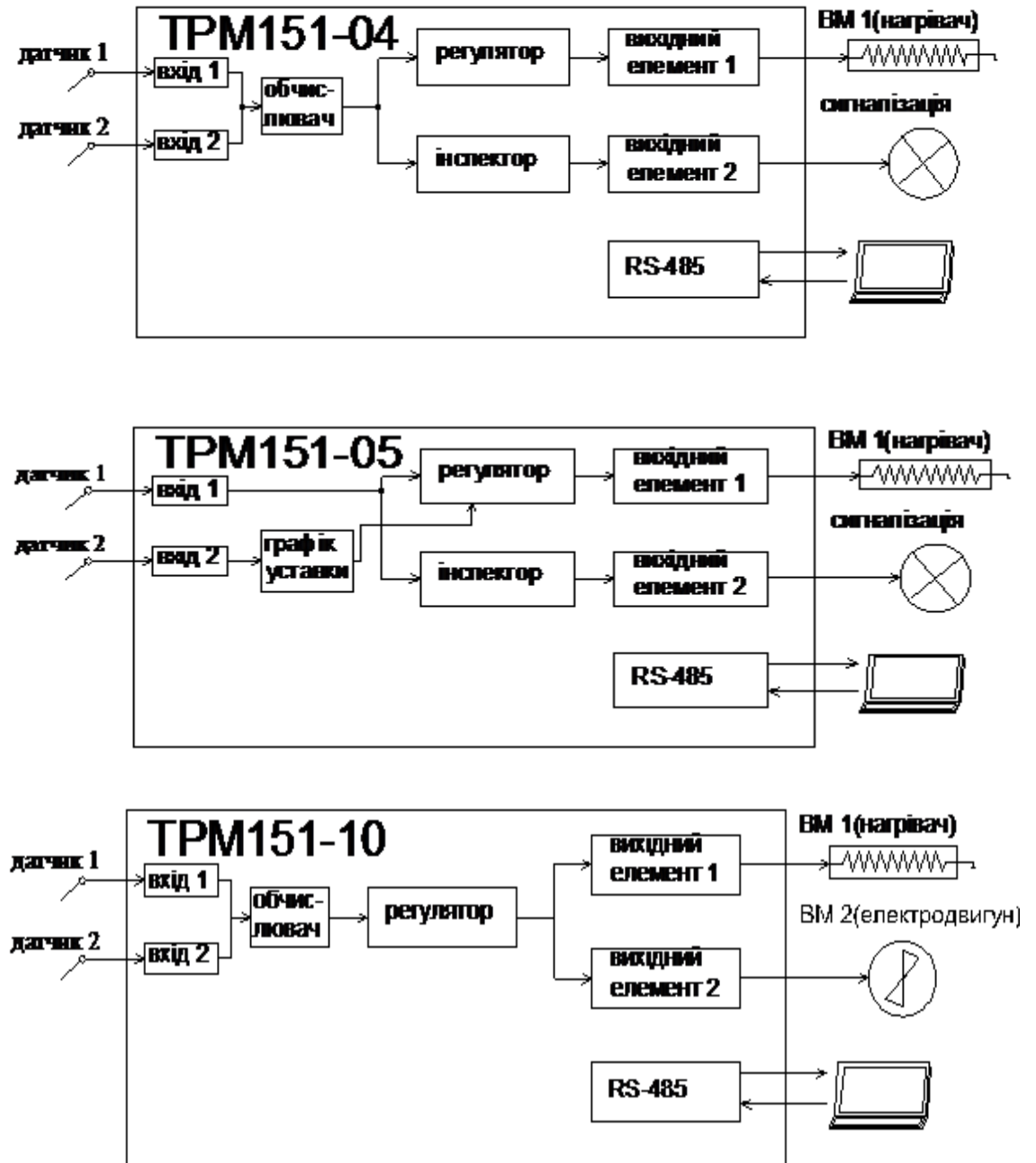


Рис.4.11 Функціональні схеми використання Універсального двохканального програмного ПД-регулятора TRM151 .

Програми швидкого старту, розроблені спеціально для кожної модифікації, та можливість швидкого доступу до вставок при програмуванні приладу з передньої панелі.

ТРМ 151 має два універсальні входи, до яких можна підключати датчики різного типу:

- Термоперетворювальні опори типа ТСМ/ТСП/ТСН;
- Термопары ТХК(L), ТХА(К), ТХК(J), ТНН(N), ТПП(R), ТПП(S), ТПР(B), ТВР(A-1,2,3), ТМК(T);
- датчики з уніфікованим вихідним сигналом струму 0(4)...20 мА, 0...5 мА або напруги 0...1 В, -50...+50 мВ;
- датчики положення засувки (резистивні або струмові);
- «сухі» контакти.

Крім того, ТРМ151 замовленій конфігурації може знімати дані з 8-ми датчиків, підключених до зовнішніх модулів вимірювання ОВЕН МВА8, по мережі RS-485.(рис. 4.12.).

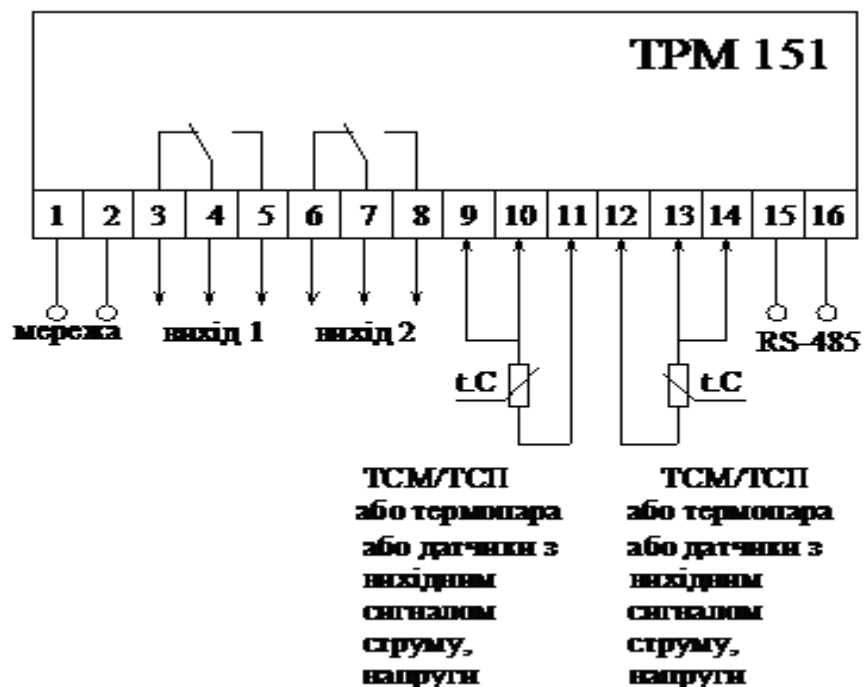


Рис. 4.12. Схема підключень програмного регулятора ТРМ 151

ТРМ 151 може обчислювати цілий ряд функцій від величин, виміряних на входах: відносну вологість психрометричним методом; квадратний корінь із вимірної величини; різницю виміряних величин; середнє арифметичне виміряних величин; мінімальне і максимальне значення виміряних величин.

У ТРМ 151 одночасно можуть працювати 1 або 2 канали регулювання вимірної або обчисленої величини.

ТРМ151 управляє технологічним процесом за програмою, яка є послідовністю кроків, наприклад: нагрів або охолодження до заданої температури або протягом заданого часу (з необхідною швидкістю); підтримка температури на рівні вставки протягом заданого часу; підтримка температури на рівні вставки до тих пір, поки вимірювана величина в одному з каналів не досягне заданого значення.

Для кожного кроку програми задаються вставки, параметри регулювання і умови переходу на наступний крок.

ТРМ151 може мати 12 програм по 10 кроків в кожній. Також можна створити програму з нескінченним числом циклів або «зчепити» декілька програм в одну, що дозволяє описати технологічний процес практично будь-якої складності.

Регулятори ТРМ151 можуть працювати в двох режимах:

- двохпозиційне регулювання (включення/виключення вихідних пристроїв відповідно до заданої логіки);
- ПІД-регулювання, що дозволяє з високою точністю управляти складними об'єктами.

У приладі реалізована функція твердотільних ПІД-регуляторів, твердотільних користувачів від трудомісткої операції ручної настройки.

У приладі залежно від замовлення можуть бути встановлені 2 вихідних елементи в будь-яких поєднаннях:

- реле з струмом контактів на 4 А при 220 В;
- транзисторні оптопари п-р-п-типу 400 мА 60 В;
- симісторні оптопари 50 мА 300 В;

- ЦАП «параметр-струм 4...20 мА»;
- ЦАП «параметр-напруга 0...10В»;
- вихід 4...6 В 100 мА для управління твердотільним реле.

Використовуючи ТРМ151 замовленій конфігурації спільно із зовнішнім модулем виводу ОВЕН МВУ8, можна управляти двома 3-х позиційними механізмами. Решта реле МВУ8 при цьому може бути задіяні для видачі періодичних імпульсів або для аварійної сигналізації.

Прилад може також видавати результати вимірювань або обчислень на реєстратор при установці ЦАП як вихідний елемент.

ТРМ151 може контролювати: t знаходження регульованої величини в заданих межах (для цього служить блок «інспектор»); t працездатність датчиків (перевірка на обрив, замикання, вихід за допустимий діапазон і т. д.); працездатність вихідних елементів (ЛВА-аварія).

При цьому ТРМ151 аналізує критичність аварійної ситуації. Наприклад, на певному кроці програми технолога відбувся обрив датчика, який не задіяний на даному кроці. Прилад в цьому випадку, не зупиняючи виконання програми, сигналізує про несправність, дозволяючи її вчасно усунути без переривання технологічного циклу. Проте якщо відбулася поломка потрібного в даний момент вимірника, то ТРМ151 зупиняє програму технолога і переводить об'єкт в режим АВАРІЯ. При цьому в режимі АВАРІЯ всі вихідні пристрої не відключаються, а переходять на наперед задану аварійну потужність.

У технологічному процесі можуть бути задіяні пристрої, які не здійснюють регулювання, але вимагають періодичного включення на певному етапі. Це газо – або парогенератори, жалюзі систем вентиляції і т. д.

ТРМ151 дозволяє управляти такими пристроями, задаючи їм інтервали включення і виключення на певному кроці програми.

У випадку, якщо вихідні елементи приладу зайняті, прилад може здійснювати управління такими механізмами, підключеними до зовнішнього вихідного модуля МВУ8, через мережевий інтерфейс RS-485.

В деяких випадках може виникнути необхідність регулювання на різних кроках програми різних вхідних величин з використанням одного і того ж виконавчого механізму. Наприклад, за допомогою одного ТЕНа на першому кроці можна регулювати температуру, а на другому – різниця температур. ТРМ151 замовленій конфігурації дозволяє реалізувати таку можливість. Для цього в приладі для кожної вхідної величини конфігурують свій регулятор (їх може бути до 8-ми), а потім на різних кроках програми до виходу приладу підключають різні регулятори.

У ТРМ151 встановлений модуль інтерфейсу RS-485, організований по стандартному протоколу ОВЕН. Інтерфейс RS-485 дозволяє: конфігурувати прилад на ПК; передавати в мережу поточні значення вимірних величин, вихідної потужності регулятора, параметрів програми технолога, а також будь-яких програмованих параметрів; одержувати з мережі оперативні дані для генерації управляючих сигналів.

У мережу RS-485 можуть бути об'єднані декілька приладів і модулів введення/виводу. ТРМ151 може працювати «майстром мережі», управляючи роботою інших приладів.

При інтеграції ТРМ 151 в АСУ ТП як програмне забезпечення можна використовувати SCADA-систему Owen Process Manager або яку-небудь іншу програму.

Оскільки прилад володіє широкими можливостями, його настройка може перетворитися на досить складну задачу. Для полегшення конфігурації ТРМ151 ВО ОВЕН розроблена спеціальна програма для ПК.

Програма «Конфігуратор ТРМ 151» має 3 рівні доступу, захищені паролями – для налагоджування системи, технолога і оператора. Для кожної стандартної модифікації в програмі представлений свій набір зручно згрупованих параметрів. Крім того, в конфігураторі передбачена можливість реєстрації ходу технологічного процесу. Для кожної стандартної модифікації пропонується програма «Швидкий старт» з простим і зрозумілим

інтерфейсом. Відповідаючи на запропоновані програмою питання, можна легко виробити перше налаштування приладу.

4.6. Автоматичне керування мікрокліматом в ангарних теплицях

Автоматичне керування температурним режимом здійснюється пристроями регулювання температури і кількості теплоносія, що гріє, а також пристроями керування відкриттям і закриттям кватирок вентиляції. В ангарних теплицях в основному використовується комбінований обігрів: водяний обігрів ґрунту і повітря і повітряно-калориферний обігрів повітря від водяних калориферів. Основний обігрів здійснюється регістрами, що гріють, а додатковий — від калориферів. Від калориферів підігріте повітря подається по повітропроводам і розподіляється вентиляційною системою по всій теплиці. Завдяки малій інерційності калориферний обігрів дає можливість керувати температурою повітря з високою точністю.

Вентиляція теплиці здійснюється через кватирки, розташовані в бокових стінах і на покрівлі. Зволоження повітря відбувається шляхом розпилення води через форсунки, які закріплені в підвішених у теплиці водопроводах на відстані приблизно 3 м одна від іншої. Для збору і відводу води, що утвориться на конструкціях теплиці при розпиленні і конденсації вологи, влаштовані спеціальні жолоби, по яких вода стікає в каналізацію. Вода на зволоження повітря і полив ґрунту підступає від водонагрівача під постійним тиском, створюваним насосною станцією. Полив здійснюється за допомогою дощувальної установки чи шлангів водою з температурою 16...25 °С.

Промисловістю розроблено кілька комплектів обладнання для керування мікрокліматом ангарних теплиць, наприклад, типу АМТ-600, СК-2, ОРМ-1, УТ-12 і інші. Як приклад розглянемо принцип роботи комплекту УТ-12.

Основною елементною базою УТ-12 є безконтактні транзисторні логічні елементи серії «Логіка-Т». У зв'язку зі зняттям цієї серії з виробництва комплект переводиться на мікросхемну елементну базу серії К-155 і ін.

Комплектне устаткування УТ-12 розміщене в окремих шафах і включає САК:

- Температурою повітря в теплицях, у побутових приміщеннях і коридорі;
- Температурою ґрунту;
- Температурою поливної води;
- Поливом ґрунту і зволоженням повітря;
- концентрацією розчинів мінеральних добрив;
- Подачею вуглекислого газу й опроміненням рослин.

Комплект розрахований на керування зазначеними параметрами в 12 відділеннях теплиці, а також температурою в сполучному коридорі та у побутових приміщеннях. Він забезпечує підтримку температури повітря, ґрунту і поливної води з точністю до $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ у діапазоні заданих температур ($0\ldots 40^{\circ}\text{C}$), концентрації розчинів мінеральних добрив з точністю до $\pm 0,005$ МПа в діапазоні від 0,01 до 0,2 МПа осмотичному тиску. Крім керування параметрами мікроклімату, комплект УТ-12 здійснює їхній вимір і реєстрацію.

У першій шафі керування *ШУ1* (рис.4.13) розміщені САК температурою повітря і ґрунту в 12 відділеннях теплиці і температурою повітря сполучного коридору і побутових приміщень, а також контрольно-реєстраційна система температури повітря в 12 відділеннях теплиці.

В другій шафі керування *ШУ2* розміщені САК поливом ґрунту і зволоження повітря, а також САК подачею вуглекислого газу й опроміненням рослин у 12 відділеннях теплиці.

У третій шафі *ШУ3* розташовані САК температурою поливної води, концентрацією розчинів мінеральних добрив, система контролю

температурою зовнішнього і у 24 місцях внутрішнього повітря, а також система контролю швидкості вітру.

У четвертій шафі розташована пускозахисна апаратура насосів поливної води і насосів подачі концентрованого розчину мінеральних добрив, а також пускозахисна апаратура технологічних установок готування мінеральних добрив і керування температурою повітря коридору і побутових приміщень.

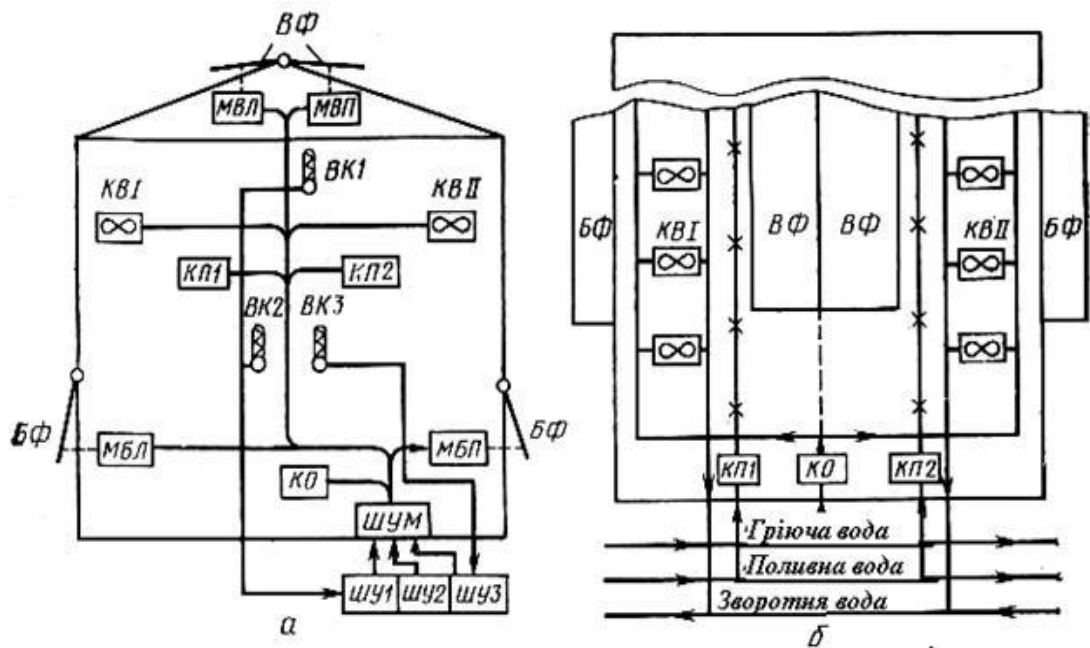


Рис. 4.13. Схема розміщення обладнання УТ-12 в теплиці
(а – вигляд з боку, б – вигляд зверху).

У п'ятій шафі керування встановлена проміжна апаратура, призначена для керування електромагнітними вентилями поливу й іншим устаткуванням теплиці. У сполучному коридорі для кожного відділення теплиці розташовані місцеві шафи керування обладнанням (ШКО).

У теплиці встановлюють панель датчиків температури і панель датчиків вологості. Крім того, встановлюють датчики освітленості, швидкості вітру, температури поливної води, концентрації розчинів мінеральних добрив і інші.

САК температурою працює по багатопозиційному законі регулювання і впливає на 16 виконавчих механізмів, що охоплюють 12 відділень тепличного блоку, сполучний коридор, побутове приміщення і дві системи ґрунтового обігріву.

Керування температурою повітря і теплиці здійснюється за допомогою двох груп водяних калориферів *КВІ* і *КВІІ*, конькової (верхньої) *ВФ* і бічний *БФ* систем кватирок. Вода, що гріє, з котельні подається в теплицю через клапан опалення *КО*, а тепла вода через клапани *КПІ* і *КПІІ*. Відкриття і закриття верхньої і бічної кватиркової вентиляції здійснюються за допомогою виконавчих механізмів верхньої лівий *МВЛ* і правої *МВП*, а також бічних лівої *МБЛ* і правої *МБП* систем вентиляції.

Послідовність роботи і стан обладнання керування температурою в теплиці залежать від значення і знака відхилення температури від заданої (рис.3.14). Електрична схема керування температурою повітря приведена на рисунку 4.15.

Виконавчі механізми (ВМ)		Стан ВМ при відхиленні температури від заданої, С											
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Клапан теплоносія		Відкритий				Закритий							
Калорифер 1		Велпечений				Відключений							
Калорифер 11		Вел.		Відключений									
Фрамуги верхні	Права	Закрита						Відкрита					
	Ліва	Закрита						Відкрита					
Фрамуги бічні	Права	Закрита						Відкрита					
	Ліва	Закрита						Від-та					
Сигнал аварії		Вел.											

Рис. 4.14. Карта функціонування комплекту технологічного обладнання УТ-12 в теплиці.

Блок дешифрації *BD1* генерує імпульси з періодом 15 с. Кільцевий лічильник *BD2* і 16-позиційний перемикач по черзі підключають датчики температури *BK1...BK16* і задатчики *Rz2...Rz16* до вимірювального моста через кожні 4 хвилини.

Сигнал розбалансу з вимірювального моста підсилюється фазочутливим підсилювачем *У* і надходить на граничні елементи *D1...D14*, зібрані за схемою двохпозиційного селектора рівня напруг.

Перемінними резисторами *R1...R6; R8...R13* здійснюють настроювання порога спрацьовування кожного з елементів *D1...D6; D8...D13* із кроком у 1°C у діапазоні відхилень температури від -6 до $+6^\circ$ від заданої. Елементи *D7* і *D14* спрацьовують відповідно при короткому замиканні й обриві в ланцюгах датчиків температури.

Елементи *D15...D28* служать підсилювачами потужності. Їхнім навантаженням є котушки реле *KV1...KV6, KV8...KV13* і лампи *HL1* і *HL2*, що сигналізують відповідно про коротке замикання й обрив у ланцюгах керування.

Напруга 24 В подається в шафи ШУМ (див. рис. 4.13 і 4.15) на керування виконавчими механізмами через замикаючі контакти *KV7*. При цьому блок *BD1*, що вмикає реле *KV7* через кожні 15 с, забезпечує п'ятисекундну витримку часу спрацьовування реле *KV7*. Ця витримка необхідна для вимикання передачі помилкового сигналу до виконавчих механізмів, що виникає через перехідні процеси в перемикачах датчиків.

Граничні елементи спрацьовують і через реле *KV1...KV13* вмикають відповідні виконавчі механізми в залежності від відхилення температури повітря від заданої: права (ліва) верхня конькова вентиляція включається при підвищенні температури в теплиці на 2 (3)°C, а права (ліва) бічна стінна вентиляція - на 4 (5)°C.

При відхиленні температури від заданої на -2° клапан опалення *КО* (рис. 4.14) відкривається «кроками» (один «крок» за один цикл опитування); на -3°C -вмикається перша опалювальна група калориферів *KB1* на -40 —

друга *KBII*. При відхиленні температури від заданої на $\pm 6^\circ$ спрацьовують граничні елементи *D6* чи *D13* які через реле *KV6* чи *KV13* вмикають аварійну звукову *HA* і світлову *HL4* чи *HL5* сигналізації.

Сигнальні лампи *HL3* і *HL6* показують знак відхилення температури (відповідно нижче чи вище заданої). Значення відхилення температури визначається по висвітленій цифрі в неоновій лампі. Наприклад, при відхиленні на -1° включається реле *KV1* і загоряється цифра 1 неонові лампи *HL7*, при -20 спрацьовує реле *KV2* і своїм контактом *KV2* підключає в схему цифру 2 і т. д. (рис. 4.15, б). Сигнальна лампа *HL* показує в цифрах номер підключеного відділення теплиці.

Резисторами *R31...R316* встановлюють задане значення температури в 16 об'єктах, резистором *Rk* коректують вимірювальний міст, а резистором *Ry* — змінюють чутливість (коефіцієнт підсилення) підсилювача *У*.

Блоком *БО* разом з 12 датчиками освітленості *Rφ1...Rφ12* автоматично коректується задане значення температури в залежності від освітленості в теплиці. При освітленості більш 10 клк спрацьовує реле *KVc*, контакти якого вмикають сигнальну лампу *HLc* «Світлий» і резистор *Rc*, що викликає температурну надбавку вставки до 5° . При зниженні освітленості до 5...10 клк спрацьовує реле *KVn* яке вмикає сигнальну лампу *HLn* «Похмуро» і резистор *Rn*, що відповідає температурній надбавці близько $2,5^\circ\text{C}$.

При низькій освітленості, наприклад у нічний час, спрацьовує реле *KVT*, яке вмикає сигнальну лампу *HLT* і видає своїм контактом *KVT* завдання на керування температурою, що відповідає темному періоду доби. Переклад схеми з автоматичного керування на ручне і назад виконують у відповідному шафі місцевого керування ШУМ.

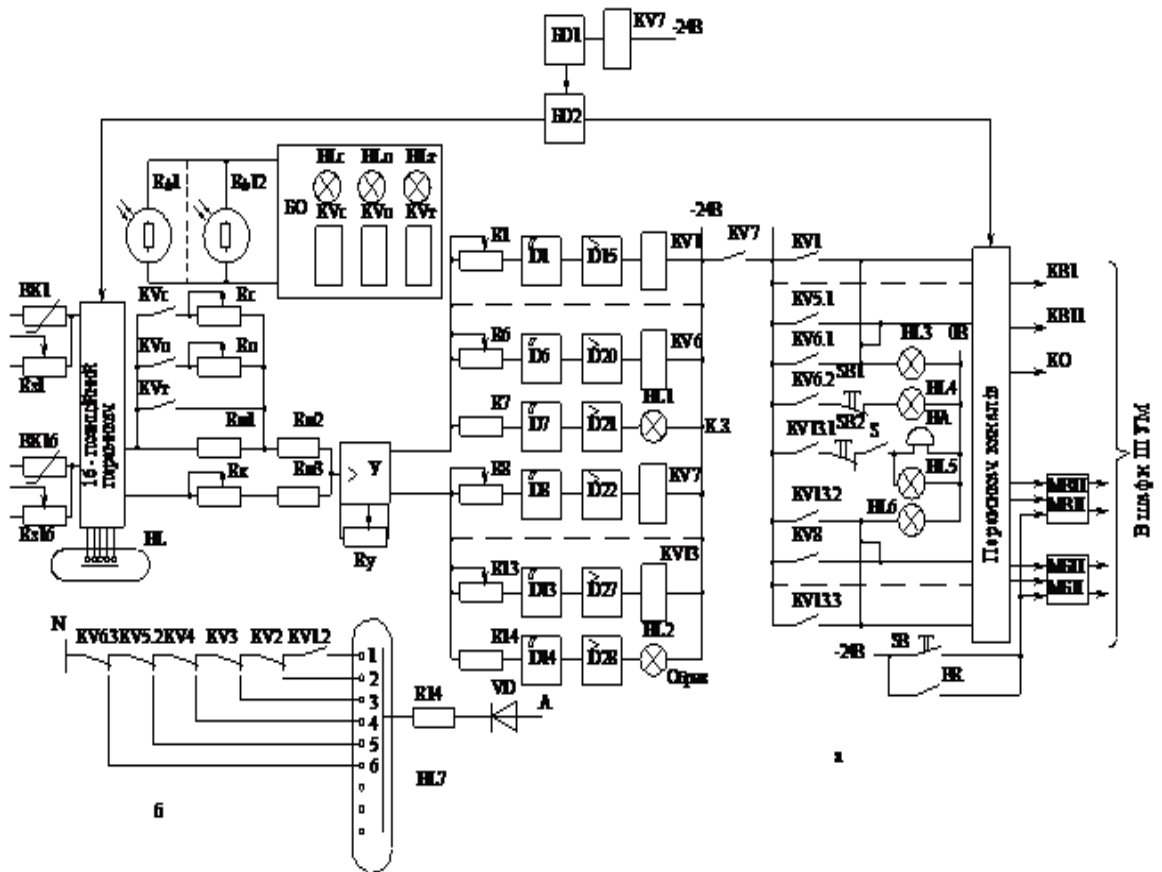


Рис. 4.15. Принципова електрична схема керування температурою повітря в ангарних теплицях (а) і вмикання цифрової сигнальної лампи (б).

У разі потреби екстреного закриття кватирок чи зміни їхнього положення одночасно у всіх 12 відділеннях використовують кнопку *SB3*. Цілоком кватирки закриваються також і автоматично по команді від анемометра *BR* при досягненні швидкості вітру гранично припустимого значення. Положення кватирок, поточне значення температури зовнішнього повітря і температури в теплицях контролюють прилади. Крім цього, температура в теплицях реєструється 12-канальним автоматичним мостом.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Аналіз стану охорони праці

З метою виявлення причин виробничих травм і професійних захворювань проводиться аналіз стану охорони праці згідно із Законом України “Про охорону праці”. Розробляються конкретні заходи щодо поліпшення стану охорони праці, забезпечуються відповідною документацією, фінансовими і матеріальними ресурсами. На підприємстві з метою контролю за здійсненням заходів з техніки безпеки, проведенням профілактичних оглядів та організацією навчання працівників правилам і нормам з техніки безпеки створена комісія з охорони праці. Про результати заходів, щодо охорони праці, свідчать дані про динаміку наявності на підприємстві нещасних випадків, пов’язаних з порушенням правил техніки безпеки на виробництві.

При майже постійній чисельності працівників, кількість нещасних випадків значно знизилась, а кількість днів непрацездатності скоротилась більше, ніж у двічі.

Як відомо, психофізичні умови праці впливають на нервово-психічне навантаження працівника. З метою їх поліпшення на підприємствах при розстановці кадрів необхідно врахувати їх фізіологічні особливості (вік, стать, стан здоров’я та ін.), прагнути створити сприятливий психологічний мікроклімат у виробничих підрозділах.

Особливу увагу треба приділяти організації праці пенсіонерів, яка в сільському господарстві ще має значну питому вагу. Їх працю найдоцільніше організовувати, створюючи окремі ланки, адже ці люди мають приблизно однакову працездатність і спільні інтереси. Є можливість встановити їм знижені норми виробітку, пільговий розпорядок тощо.

5.2. Моделювання процесів виникнення травм при експлуатації автоматизованого доїльного апарата

Аналіз умов праці, побуту і профілактики травматизму дозволяє виявити причини і визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики виробничого травматизму.

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також споруд, виробничих процесів і технологій. Але як показали дослідження, будь-яка аварія або катастрофа може бути наслідком однієї із багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних процесів, що імітують формування і виникнення складних аварій.

Даний метод дає можливість шляхом побудови "дерева" відмов і помилок операторів різних систем вести математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення таких подій, як аварія, травма і катастрофа. Обчисленням рівня безпеки можна спрямувати удосконалення конструкції технічних засобів на зниження їх небезпек, а також вживати термінованих заходів для усунення небезпек з більш високим рівнем.

Метод "дерева несправностей" або "дерева помилок оператора" застосовують для аналізу складних систем. [64] Основні принципи побудови моделі такі: вивчається виробництво, на якому мали місце раніше або можуть мати місце аварії, виробничі травми.

Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи, що характеризують ті чи інші події. Як правило, побудова моделі починається з головної операції, а наступні розміщуються зверху вниз аж до базових подій (рис. 5.1).

Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі.

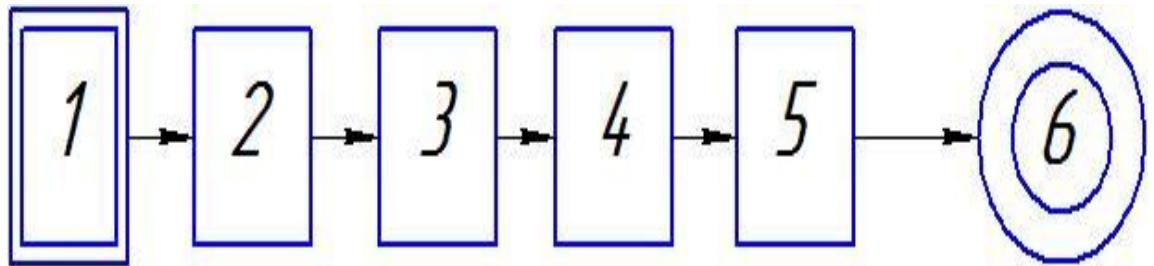


Рис. 5.1. Модель дерева помилок:

1- відмова системи – головна подія; 2- послідовність подій, що призводять до відказу (аварія) системи; 3- послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інші; 4- усі вхідні і вхідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами.; 5- послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі; 6- базові події зображують у вигляді кружечків із написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі ("дерева помилок").

Аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови "дерева" відмов та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві. Так побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм. [64;65]

5.3. Планування заходів з покращення охорони праці

До заходів щодо покращення умов праці належать всі види діяльності, спрямовані на попередження, нейтралізацію або зменшення негативної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівників.

Рівень умов праці оцінюють порівнянням за фактичними і нормативними значеннями узагальнених (групових) показників.

Заходи щодо поліпшення умов праці здійснюються з метою створення безпечних умов праці шляхом:

- доведення до нормативного рівня показників виробничого середовища за елементами умов праці;
- захисту працівників від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

До показників ефективності заходів щодо поліпшення умов праці належать:

а) зміни стану умов праці:

- зміна кількості засобів виробництва, приведених у відповідність до вимог стандартів безпеки праці;
- покращення санітарно-гігієнічних показників;
- покращення психофізичних показників, зменшення фізичних і нервово-психічних навантажень, в т.ч. монотонних умов праці;
- покращання естетичних показників, раціональне компонування робочих місць і впорядкування робочих приміщень;

б) соціальні результати заходів:

- збільшення кількості робочих місць, що відповідають нормативним вимогам;
- зниження рівня виробничого травматизму;
- зменшення кількості випадків професійних захворювань;
- зменшення плинності кадрів через незадовільні умови праці;
- престиж та задоволення працею.

Економічні результати заходів щодо поліпшення умов праці виражаються у вигляді економії за рахунок зменшення збитків внаслідок аварій, нещасних випадків і професійних захворювань у економіці в цілому та на кожному підприємстві зокрема.

Отже, на покращення умов з охорони праці потрібно виділити кошти на відновлення вентиляційних систем у ремонтних майстернях, естетично оформити приміщення офісу, відновити кабінет з охорони праці, поновити протипожежний інвентар. Кошти виділити у сумі 2470 грн. з доходу господарства.

5.4. Оцінка рівня небезпеки, виникнення травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Для того, щоб оцінку рівня небезпеки певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірностей будь-якого випадкового явища. Основні принципи даного методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця виявляють виробничі небезпеки аварійні та травмонебезпечні ситуації. При оцінці ситуації визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логіко - імітаційної моделі. Після цього будують модель ("дерево помилок і відмов оператора"). При цьому важливе значення має правильний вибір головної випадкової події. Головна випадкова подія в даному випадку травма, модель якої побудована на (рис.5.2). Для побудови даної моделі травми ("дерева") оператори "використовують І" та "АБО", після цього визначають набір ситуацій, які призвели до цієї події, яку вибрано як головною. Після визначення ситуації, що призвела до травми, визначаємо інші такі події, що входять до кожної такої ситуації. Процес побудови моделі триває до тих пір, поки не будуть здійснені усі базові події, що визначають межу моделі. [27]

Небажана подія - втрата працездатності робітника, який працював з обладнанням по переробці зерна із-за отримання травми від ураження струмом.

Початкова подія - у нашому випадку це є травма робітника під час роботи.

Події, які можуть впливати на хід подій за час від початкової до небажаної події: наявність струму на корпусі електрообладнання; дотик робітника оголеними частинами тіла до корпусу.

Чинники та обставини, які впливають на хід подій за час від початкової до небажаної події можуть бути такими:

Наявність струму на корпусі обладнання:

а) відсутність захисного заземлення:

- не виконувалося заземлення;
- пошкоджено захисне заземлення.

б) пошкодження ізоляції та вихід з ладу складових машини:

- відсутність профілактичних заходів;
- спрацювання складових машин;
- неправильна експлуатація.

Дотик робітника оголеними частинами тіла до корпусу електрообладнання:

а) недотримання правил техніки безпеки:

- відсутність захисного щита;
- недотримання правил вибору взуття;
- незнання правил техніки безпеки;

б) невикористання засобів індивідуального захисту та відповідного інструменту:

- відсутність засобів індивідуального захисту;
- халатність робітника.

Такі чинники, відсутність засобів індивідуального захисту, невиконання профілактичних заходів щодо огляду робочого місця, нехтування правилами техніки безпеки: можуть бути причиною травмування робітника.

Назвемо можливі заходи та засоби запобігання дії шкідливого чинника.

Для нашого випадку це є:

- проведення профілактичних заходів;
- збільшення асигнування на заходи з охорони праці;
- завчасне проведення інструктажів з охорони праці.

Таблиця 5.1

Ймовірності подій виникнення небезпеки

Шифр	Назва події	Ймовірність
1	2	3
P_1	Відсутність захисного заземлення	0,02
P_2	Пошкодження захисного заземлення	0,04
P_3	Спрацювання складових машини	0,1
P_4	Неправильна експлуатація машини	0,02
P_5	Відсутність профілактичних заходів	0,2
P_6	Відсутність захисного щита	0,12
P_7	Недотримання правил вибору взуття	0,15
P_8	Незнання правил техніки безпеки	0,1
P_9	Відсутність засобів індивідуального захисту	0,2
P_{10}	Халатність	0,08

Людина може втручатися в будь-яку подію, це досить природньо. Щодо конкретного випадку, то на першому етапі, це втручання людини у виробничий процес, тобто дотримання правил техніки безпеки, проведення профілактичного огляду перед початком роботи.

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій, застосовуючи формули:

1. Базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора "I" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 P_2 \tag{5.1}$$

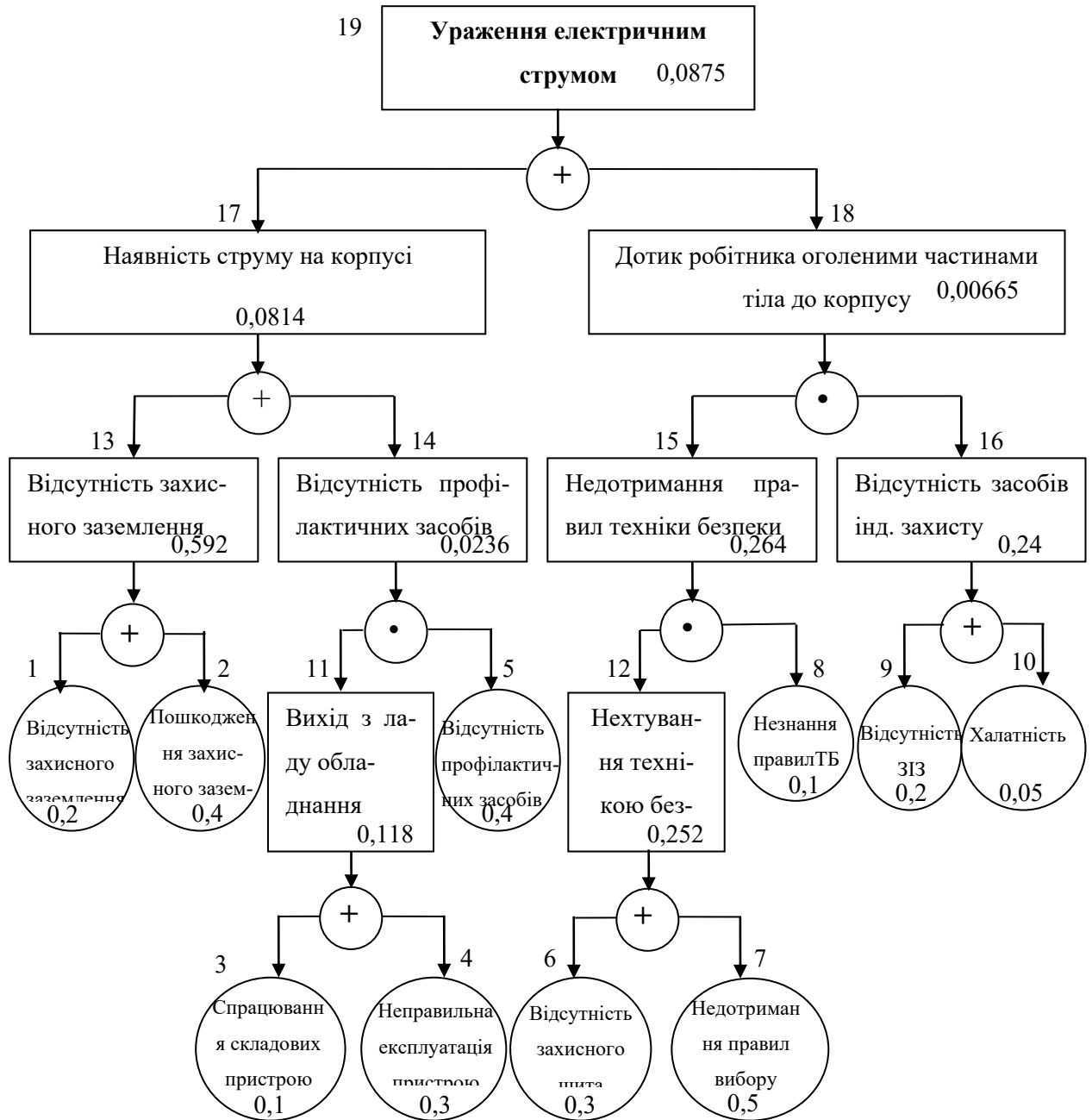


Рис. 5.2. Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням:
 оператор «АБО» - «+»; оператор «I» - «•».

За допомогою оператора "І" три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події P_4 обчислюють так:

$$P_4 = P_1 P_2 P_3 \quad (5.2)$$

3. Оператор "І" об'єднує n події з ймовірностями $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 P_2 \dots P_n \quad (5.3)$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора "АБО" входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2 \quad (5.4)$$

5. Оператор "АБО" об'єднує три базові події з ймовірностями P_1, P_2, P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступні події з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_2 P_3 - P_1 P_3 + P_1 P_2 P_3 \quad (5.5)$$

6. Якщо до оператора "АБО" входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення, аж поки не залишаться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції. Так поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Для проведення обчислень ймовірності травми використовуємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рис. 5.2).

Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (5.4), отримаємо ймовірність події 13:

$$P_{13} = 0,2 + 0,4 - 0,2 \cdot 0,4 = 0,0592.$$

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4 P_5 = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,118.$$

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6 P_7 = 0,3 + 0,5 - 0,3 \cdot 0,5 = 0,252.$$

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9 P_{10} = 0,2 + 0,15 - 0,2 \cdot 0,15 = 0,264.$$

$$P_{14} = P_{11} P_5 = 0,118 \cdot 0,2 = 0,0236$$

$$P_{15} = P_{12} P_8 = 0,252 \cdot 0,1 = 0,0252.$$

$$P_{17} = P_{13} + P_{14} - P_{13} P_{14} = 0,592 + 0,0236 - 0,0592 \cdot 0,0236 = 0,0814.$$

$$P_{18} = P_{15} P_{16} = 0,264 \cdot 0,0252 = 0,00665$$

$$P_{19} = P_{17} + P_{18} - P_{17} P_{18} = 0,00665 + 0,0814 - 0,00665 \cdot 0,0814 = 0,0875$$

Таким чином, під час роботи електрообладнання переробного підприємства при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 8,73 травми. Якщо, зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень працюючих, поліпшити контроль та виготовити необхідну кількість 313, профілактичних засобів за всіма вимогами безпеки), то можна побачити на моделі шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки — до 1.

5.5. Розробка заходів по запобіганню аварій і травм в теплицях

Умови праці – це сукупність факторів виробничого середовища, що впливають на працездатність і здоров'я людини в процесі праці. [63;65]

Виробниче обладнання (у нашому випадку електрообладнання, яке використовується для електрообігріву теплиць) має задовольняти вимоги безпеки при монтажі (у необхідних випадках при демонтажі), експлуатації, ремонті, транспортуванні й зберіганні, при використанні окремо або у складі комплексів і технологічних систем. Для створення оптимальних умов для росту рослин передбачено обігрів повітряного простору теплиці і обігрів ґрунту.

Експлуатація травмонебезпечних машин та установок повинна передбачати належне термічне використання в зв'язку з можливістю ураження електричним струмом.

Для узагальнених небезпечних факторів з боку електротехнічного обладнання розглянемо моделі травмонебезпечних ситуацій складається з певної кількості випадкових подій.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій.

Робоче місце має бути безпечним і зручним для виконавців.

5.6. Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

Одним з найважливіших завдань служби охорони праці є забезпечення захисту населення у випадку виникнення надзвичайних ситуацій.

Адже, актуальність проблеми природно-техногенної безпеки для населення і території, зумовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами. Відповідальність за організацію цивільної оборони згідно із Законом «І І про цивільну оборону України» лягає на керівника господарства. Керівництво господарства повинно забезпечити працівників засобами захисту (індивідуального та колективного), створює загони для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Найбільш повне та організоване виконання заходів цивільної оборони на об'єкті досягається завчасною розробкою плану заходів, які необхідні проводити при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій:

- оповіщення та інформуванні, яке досягається утриманням в постійній готовності систем оповіщення, які переважно інформують про прогноз погоди;
- спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою, забезпечується створенням та підтримкою в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до них існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості;
- укриття в захисних спорудах, якому підлягає працююча зміна та усе населення, досягається створенням фонду захисних споруд;
- евакуаційні заходи, які проводяться на території господарства та за його межами переважно під час виникнення пожеж;
- медичний захист проводиться для зменшення ступеня зараження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим;
- біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно – господарських, спеціальних протиепідемічних та медичних заходів;
- радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного і хімічного контролю, засобами індивідуального захисту.

Одним із основних завдань цивільної оборони є навчання населення вмінню застосування засоби індивідуального захисту та дій у надзвичайних ситуаціях. [26,27]

Тому заходи щодо зниження ступеня впливу негативних наслідків аварійних ситуацій здійснюються з метою завчасної підготовки підприємств від надзвичайних ситуацій та створення умов для підвищення стійкості їх роботи, проведення своєчасних робіт щодо рятувальних заходів.

6. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Перехід України до ринкової економіки і різних форм власності, демонополізація виробництва - стимулювали розвиток потенційно-небезпечних виробництв та зниження соціально-екологічної безпеки населення. Всі підприємці та підприємства вирішують питання безпеки, виходячи з власних уявлень про неї. Сільськогосподарська діяльність суспільства спрямована на виробництво необхідної кількості екологічно чистих продуктів харчування, супроводжується руйнівним впливом на основні екологічні чинники довкілля: землю, воду, повітря, природні фіто- і зооценози. Природні екологічні системи здатні до самоочищення, вони мають певну буферність стосовно побічних включень і несприятливих впливів на навколишнє середовище. Але буферність не є безмежною, вона діє лише у певних обмежених, рамках, має обмежену ємність. Штучне насичення довкілля шкідливими для природної екосистеми речовинами в кількості, яка перевищує її буферну здатність до очищення, руйнування динамічної рівноваги, і до встановилася в процесі еволюції Землі, сприяє погіршенню довкілля, руйнування природних ресурсів.

Це визначає принципово новий соціально-екологічний і організаційно-правовий механізм захисту безпеки населення зі сторони держави на основі використання для цього ринкових каталізаторів, як це прийнято законодавчо у всьому цивілізованому світі. У цих умовах повинна постійно вивчатися територія, на якій функціонують підприємства і комплекси, з метою визначення вузьких місць в забезпечення безпеки - населення і на основі отриманих результатів розробити профілактичні заходи для реалізації в практиці господарювання.

Відповідно до статті Конституції України, якою визначено, що напрямки державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки.

Для збереження навколишнього природного середовища будь-якого великого регіону в робочому стані, для підтримання в ньому робочої рівноваги, а отже великої та стабільної відтворювальної спроможності природи необхідно, щоб не менше третини загальної земельної площі залишалось у стані близькому до природного. Решта земель має розподілитись у такому співвідношенні: одна половина відводиться для виробництва сільськогосподарської продукції, а друга - для інших виробничих і невиробничих цілей. Проте не слід зменшувати площі так званої "дикої" природи бо це неминуче призводить до екологічної кризи, деградації природи та інших негативних екологічних наслідків. Треба обов'язково покінчити з інтенсивним, виснажливим і екологічно небезпечним використанням землі в сільському господарстві. Попадання в навколишнє середовище будь-яких твердих, газоподібних речовин, мікроорганізмів викликають зміни в будові та властивостей природи, які викликають шкідливу дію на людину, флору і фауну. Відомо більш як 200 речовин, які забруднюють атмосферу, при чому по мірі освоєння нових технологічних процесів і створення нових продуктів виробництва, число забруднюючих речовин збільшується.

Аналіз екологічного стану на підприємстві дозволяє зробити як позитивні, так і негативні висновки. З одного боку можна відзначити виробництво всіх видів продукції, які виробляються на підприємстві відповідає основним екологічним вимогам, викладеним у відповідних нормативних документах. Важливою та назрілою господарською проблемою є ефектне використання та охорона прісних вод, організація їх раціонального розподілу.

Одним з найважливіших природних ресурсів який потребує охорони та систематичного контролю за його станом, є атмосферне повітря. На стан атмосферного повітря впливають газо- та пилоподібні викиди стаціонарних та пересувних джерел забруднення. Аналізуючи стан охорони повітря на підприємстві, необхідно відмітити, що основними джерелами

його забруднення є викиди газів з двигунів автомобілів, та компресорних холодильних установок, які використовуються на виробництві: викиди промислових та побутових підприємств (котельні), випаровування в повітря шкідливих газів з переробних цехів підприємства, випаровування нафтопродуктів при неправильному їх зберіганні та використанні, втратах на машинних дворах, у майстернях, сховищах пального і мастил; нагромадження у виробничих приміщеннях аміаку, вуглекислого газу та шкідливих мікроорганізмів при відсутності належної вентиляції.

До пересувних джерел забруднення належать двигуни автомобілів та компресорних холодильних установок. Автопарк підприємства налічує п'ять транспортних засобів з яких один - легковий і чотири - вантажні. Важливо зазначити, що автопарк довгий час не оновлювався, строк корисного використання більшості транспортних засобів вичерпався і загальний коефіцієнт зношеності їх складає 80%. Цей фактор має негативну тенденцію, оскільки викиди газів старих автомобілів значно більші ніж у нових.

Іншою актуальною проблемою, для підприємства при утриманні автопарку є паливо та мастила які потребують ретельного поводження, ефективного і раціонального використання та надійного зберігання, їхні втрати характерні під час заправок, заміні мастил, ремонту машин і навіть зберіганні, що негативно відбивається на екологічному етапі довкілля.

До стаціонарних джерел забруднення навколишнього природного середовища належать промислові і переробні підприємства випари нафтопродуктів при неправильному їх зберіганні і використанні. Дане підприємство здійснює сірчано-азотні викиди, викиди вуглецю, сажі, аміаку, але у межах встановлених лімітів.

На підприємстві проводяться заходи щодо безпечного складування і зберігання газорозрядних ламп і ламп денного світла, які небезпечні

ртутними випарами, а також відходи алюмінієвої фольги, які здаються на спеціальну переробку.

В останні роки господарство провело комплекс заходів щодо зменшення обсягів утворення, знешкодження і захоронення виробничих відходів, а також поліпшення довкілля. Це, зокрема рекультивация прилеглих земель, розчищення і ліквідація сміттєзвалища і посадка на його місці двохсот плодово-ягідних дерев, переорювання твердих відходів впровадження заміни котлів, що працюють на рідкому паливі на котли, які працюють на дровах і інше. Однак беззаперечним є той факт, що дане підприємство продовжує здійснювати викиди в атмосферне повітря викидів, як стаціонарними джерелами забруднення, так і пересувними, а також скиди у водні об'єкти та на поверхні.

Необхідно підкреслити, що в господарстві мало виділяється коштів на вирішення екологічних проблем. Статті витрат на покращення екологічного середовища можна побачити і проаналізувати з таблиці 6.1

Таблиця 6.1

Динаміка обсягів та структура витрат на проведення екологічних заходів

Статті екологічних витрат.	2021		2022		2023	
	Тис. грн.	%	Тис. грн.	%.	Тис. грн.	%
1	2	3	4	5	6	7
Охорона підземних вод та ліквідація; їх забруднення.	2	48,8	3	34	3	13.8
Ліквідація сміттєзвалища	1,5	36,6	-	-	-	-

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7
Рекультивация порушених земель	0,6	14,6	0.8	9.1	0.6	2,7
Насадження плодово-ягідних дерев	-	-	-	-	2,2	10
Заміна котлів, які працюють на рідкому паливі на менш шкідливі, які працюють на дровах	-	-	-	-	15	68,8
Організація збірників для зберігання використаних виробничих відходів	-	-	5	56,9	1	4,7
Всього	4,1	100	8,8	100	21,8	100

Як бачимо з табл. 6.1. сума витрачених коштів на проведення природоохоронних заходів у господарстві збільшилась з 4,1 тис. грн. в 2021р. до 21,8 тис. грн. в 2023р. або на 18,8%. Зокрема, в 2023р. 15тис. грн. було витрачено на заміну котлів на менш шкідливі для довкілля. В 2021 - 2022 рр. таких заходів не проводили, хоча вони і планувалась. В 2021-2023 рр. значну частку в структурі вартості природоохоронних заходів займала охорона підземних вод та ліквідація джерел їх забруднення (2тис. грн, 3тис. грн, 3тис. грн) відповідно.

З таблиці 6.2; спостерігається тенденція зростання кількості викидів і скидів, що обумовлено нарощуванням потужностей виробництва господарством. Про це свідчить зростання платежів за забруднення навколишнього природного середовища на 2 тис. грн. в 2023р. у порівнянні з 2021р.

Структура платежів за забруднення навколишнього природного
середовища

Вид платежу.	2021 р.		2022 р.		2023 р.	
	Тис. грн.	%	Тис. грн.	%	Тис. грн.	%
1	2	3	4	5	6	7
Плата за викиди в атмосферне повітря	9	88,2	9,5	88	10,8	88,5
забруднюючих речовин в т.ч.:						
стаціонарними джерелами	7,1	69,6	7,6	70,4	8,9	73
пересувними джерелами	1,9	18,6	1,9	17,6	1,9	15,5
Плата за скиди забруднюючих речовин	1,2	11,8	1,3	12	1,4	11,5
розміщення відходів в т.ч.:						
у водні об'єкти	0,3	3	0,35	3,2	0,4	3,3
розміщення твердих відходів	0,9	8,8	0,95	8,8	1	8,2
Всього	10,2	100	10,8	10	12,2	100

В основному, таке збільшення забруднення довкілля відбувається за рахунок неспроможності сільськогосподарських підприємств власними

силами виконувати весь комплекс заходів із збереження навколишнього середовища. Необхідною є дієва підтримка держави у цьому напрямі, оскільки зволікання у вирішенні вказаних проблем може обернутись екологічною катастрофою, наслідки якої будуть дуже серйозними. Підприємство планує провести озеленення території в рамках державної обласної програми, "Зелений край".

Таблиця 6.3

Шляхи покращення екологічної безпеки

Суть заходів	Витрати. тис. грн.
1	2
Облаштування складу паливо-мастильних матеріалів	10
Удосконалення вентиляції у виробничих приміщеннях	10
Насадження дерев у зонах підвищеної небезпеки зсуву ґрунту	1
Укладання договорів з спеціалізованими організаціями і щодо утилізації шкідливих виробничих відходів	2
Озеленення території господарства	5
Всього	28

В цілому проблема захисту навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів на підприємстві потребує всебічного комплексного вивчення з метою кращого ресурсного і фінансового забезпечення.

7. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

Для оцінки економічної доцільності впровадження індукційного нагріву для нагрівання повітря в теплицях та ґрунту в теплицях і парниках порівнюємо додаткові витрати на його монтаж та експлуатацію, вирішення питань економії коштів за рахунок економії коштів на придбання засобів електронагрівання повітря і ґрунту та переважне використання провалів графіку навантажень сільських електромереж, тобто включення нагріву в нічні години. Особливо треба брати до уваги нагрів ґрунту із розташуванням дешевих власного виготовлення індукційних нагрівників. При відповідній організації це може зекономити витрати електроенергію 2 рази.

Балансова вартість пропонованого пристрою для нагрівання повітря і ґрунту має такі складові, що віднесені до 10 погонних метрів нагрівника:

1. Матеріали (разом із ПДВ):

1.1. Використані і списані сталеві та чавунні труби, патрубки, трубочки, в основному тонкостінні, діаметром від 7 до 20 мм., довжиною не менше 250 мм. Середнє значення маси десятиметрової довжини звареної із секцій труби приймаємо 15 кг. Орієнтовна вартість із врахуванням того, що доцільно передбачити придбання нових труб складає 20 грн. за 10 м. довжини нагрівника, .

1.2. Зварювальні електроди №3 для зварювання труб: 40 стиків довжиною шва 5 см. Кожен, тобто загальна довжина швів – 200 см. Кількість електродів, із врахуванням перервності швів – 4, загальною вартістю 12 грн.

1.3. Антисептики, інгібітори, антиоксиданти та інші матеріали для очистки поверхонь труб від іржі, оксидних плівок, чи інших покриттів, які можуть перешкоджати теплообміну із середовищем чи негативно впливати на склад повітря, або ґрунту, а матеріали для воронування з метою покращання радіаційного теплообміну та інші подібні витрати складають загальну вартість 20 грн.

1.4. Матеріали кріплення 10 метрового прольоту 1,5 скоби з ізоляційною підкладкою загальною вартістю, як для прокладки в повітрі так і в ґрунті, 12 грн.

1.5. Ізольовані електропроводи (кабелі) для підведення напруги живлення до нагрівників становлять 20 грн.

$$MT = 20 + 12 + 20 + 12 + 20 = 84,00 \text{ грн.}$$

2. Заробітна плата

На виготовлення, монтаж, наладку та випробування разом із нарахуваннями

$$ЗП = 75,00 \text{ грн.}$$

3. Інші (непередбачувані) витрати

складають 10% від суми витрат по п. 1 і п.2.

$$ІВ = (MT + ЗП) \cdot 0,10$$

$$ІВ = 16,00 \text{ грн.}$$

4. Накладні витрати

складають 15% від загальної суми витрат

$$НВ = (MT + ЗП + ІВ) \cdot 0,15$$

$$НВ = 26,25 \text{ грн.}$$

5. Загальні витрати на 10м довжин індукційного нагрівника

$$ЗВ_{10} = MT + ЗП + ІВ + НВ$$

$$ЗВ_{10} = 201,25 \text{ грн.}$$

6. Довжина індукційного нагрівника:

а) для нагріву повітря 60 м.

б) для нагріву ґрунту 60 м.

в) загальна 120 м.

$$L = 120 \text{ м.}$$

7. Загальні витрати пропонованого варіанту

$$ЗВ = L/10 \cdot ЗВ_{10}$$

$$ЗВ = 2415 \text{ грн.}$$

8. Структура витрат базового варіанту на 10 м нагрівного провідника

Базовий варіант – нагрівник із просоводу ПОСХВ (ПОСХП).
Відмінність - по п.1. Середні витрати на придбання і встановлення (придбання, монтаж, наладка, випробування) 10 метрового прольоту такого проводу становлять
складають 195 грн.

$$MT_{10\text{ м}} = 195, 00 \text{ грн.}$$

Інші витрати обох варіантів приймаємо як ідентичні, тобто

$$ЗВ_{10\text{ м}} = MT_{10\text{ м}} + ЗП + ІВ + НВ$$

$$\mathbf{ЗВ_{10\text{ м}} = 312,25 \text{ грн.}}$$

9. Загальні витрати базового варіанту

Довжина нагрівного провідника

$$L_{\text{ м}} = 114 \text{ м}$$

$$ЗВ_{\text{ м}} = L_{\text{ м}} / 10 \cdot ЗВ_{10\text{ м}}$$

$$\mathbf{ЗВ_{\text{ м}} = 3559, 65}$$

10. Економія витрат при встановленні індукційних нагрівників ґрунту і повітря

$$ЕВ = ЗВ_{\text{ м}} - ЗВ$$

$$\mathbf{ЕВ = 1144,65}$$

11. Загальна підведена потужність індукційного обігріву ґрунту

$$S = \frac{P_{\text{â.î.â.â.}}}{\cos \varphi_{\text{â.î.â.â.}}}, \text{ кВА}$$

$\cos \varphi_{\text{â.î.â.â.}}$ - коефіцієнт потужності електронагрівника = 0,9.

$$S = \frac{22}{0,9} = 24$$

12. Місячне споживання електроенергії

$$W_{\text{міс.}} = S \cdot 24 \cdot 30, \text{ кВт·год,}$$

$$W_{\text{міс.}} = 17280 \text{ кВт·год.}$$

13. Вартість електроенергії за місяць

$$В_{\text{ел.}} = W_{\text{міс.}} \cdot Ц, \text{ кВт·год/грн,}$$

де, $В_{\text{ел.}}$ – вартість енергії за місяць, грн.;

Ц – вартість електроенергії, $\text{Ц} = 0,25$ грн.

$$V_{\text{ел.}} = 4320 \text{ грн.}$$

14. Вартість електроенергії за місяць при роботі в нічні години

В години провалу графіка навантаження вартість електроенергії становить в три рази менше від вартості в денну частину доби, коли електроспоживання найбільше.

Реальна оплата за електроенергію за місяць

$$V_{\text{ел.реал.}} = V_{\text{ел.}} / 3, \text{ грн.},$$

$$V_{\text{ел.реал.}} = 4320 / 3 = 1440, \text{ грн.}$$

15. Економія коштів за використання електроенергії в час провалу графіку навантажень за місяць

$$E_p = V_{\text{ел.реал.}} - V_{\text{ел.}} \text{ грн.},$$

$$E_p = 4320 - 1440 = 2880 \text{ грн.}$$

16. Вартість електроенергії за рік

$$V_{\text{ел рік}} = 12 V_{\text{ел.}}$$

$$V_{\text{ел рік}} = 51840 \text{ грн.}$$

17. Економія коштів за використання в час провалу графіку навантажень за рік

$$E_{p12} = 12 E_p$$

$$E_{p12} = 34560$$

18. Загальна річна економія коштів за спорудження індукційного нагрівника та використання в час провалу графіку навантажень за рік

$$E_{з12} = E_{p12} + EB$$

$$E_{з12} = 35704 \text{ грн}$$

19. Термін окупності

$$T_{\text{ок}} = V_{\text{ел рік}} / E_{з12}$$

$$T_{\text{ок}} = 1,5 \text{ року}$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було вирішено наступні задачі:

- провести аналіз роботи системи управління мікрокліматом;
- провести аналіз зміни мікроклімату в теплиці;
- провести загальний аналіз існуючих способів керування мікрокліматом;
- провести аналіз основних чинників мікроклімату;
- розробка алгоритму керування мікроклімату в теплицях;
- аналіз існуючих систем керування мікрокліматом та вибір оптимальної системи електронагрівників;
- удосконалення блоку управління з використанням універсального мікроконтролера;
- провести аналіз та обґрунтування раціональних техніко-економічних параметрів електронагрівників як основних елементів удосконаленої системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глушков В. М., Іванов В. В., Яненко В. М. Моделювання таких, що розвиваються, систем. Харків : Наука, 2003. 337 с.
2. Гмурман В. Є. Теорія ймовірностей і математична статистика : навч. посібник для вишів. 6-те вид., стер. Харків : Вища шк., 2008. 479 с.
3. Гряник Г. М., Лехман С. Д., Бутко Д. А. та ін. Охорона праці. Київ : Урожай, 2004. 273 с.
4. Довідник нормативних документів у сфері охорони праці, пожежної безпеки, гігієни праці та соціального страхування від нещасних випадків. Київ : Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України, 2009. 244 с.
5. Дудник І. М. Вступ до загальної теорії систем : навч. посіб. Полтава, 2010. 129 с.
6. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. 5-те вид. Львів : Афіша, 2007. 350 с.
7. Жуковський С. С., Жуковська З. С. Розрахунок неорганізованого природного повітрообміну у житлових будинках // Ринок інсталяційний. 2006. С. 22.
8. Жуковський С. С., Жуковська З. С. Теплова потужність та енергоощадність систем опалення приміщень із переривчастим обігріванням // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 4. Рівне : РДТУ, 2010. С. 181–187.
9. Жуковський С. С., Лабай В. Й. Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків і споруд : навч. посіб. для ВЗО. Львів : Астрономо-геодезичне товариство, 2011. 123 с.
10. Кремер Н. Ш. Теорія ймовірностей і математична статистика. 3-тє вид., перероб. і доп. Харків, 2010. 551 с.
11. Кувшинов Ю. Я., Самарін О. Д. Розрахунок повітрообміну в приміщеннях будівлі для вентиляції і кондиціонування повітря. Харків, 2016. 60 с.

12. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев В. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ : Урожай, 2003. 270 с.
13. Лифшиць А. Л., Мальц Е. А. Статистичне моделювання систем масового обслуговування. Харків : Сов. радіо, 2008. 248 с.
14. Фьорстер Е., Ренц Б. Методи кореляційного та регресійного аналізу / пер. з нім. В. М. Іванової. Фінанси і статистика, 2013. С. 203–209.
15. Іноземцев Г. Б., Паранюк В. О., Рівіс Й. Ф. Електростимулювання насіння як засіб енергетичного відновлення потенціалу генотипу в первинному насінництві // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. Київ : НАУ, 2007. № 1 (20). С. 34–41.
16. Паранюк В. О., Ковалишин С. Й., Воробкевич В. Ю., Рівіс Й. Ф. Пристрій для обробки насіння : патент України № 25302А, МКІ А01С1/00. Заявл. 21.05.1996. Опубл. 30.10.1998.
17. Іноземцев Г. Б., Паранюк В. О. Електросепарування насіннєвих сумішей та електростимулювання посівного матеріалу // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. 2008. Вип. 8, т. 2. С. 56–63.
18. Паранюк В. О., Герман А. Ф. Електричні параметри робочої зони електросепаратора // Вісник Львівського НАУ. Вип. 12, т. 1. Львів : Вид-во ЛНАУ, 2008. С. 527–534.
19. Герман А. Ф. Обґрунтування електричних параметрів блоку живлення електрокоронних насіннеобробних машин // Студентська молодь і науковий прогрес в АПК : тези доп. Міжнар. студентського форуму, 24–25 вересня 2008 р. Львів : ЛНАУ, 2008. С. 269.
20. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев В. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ : Урожай, 2003. 272 с.

ДОДАТКИ