

5. Таблицы психрометрические. Построение, содержание, расчетные соотношения: ГОСТ 8.524-85. – [Чинний від 1986-07-01]. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 34 с.

6. Теплоутилизатори. Методи випробувань: ДСТУ 2671-94. – [Чинний від 1995-07-01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 11 с. – (Національні стандарти України).

7. Теплоутилизатори. Типи та основні параметри: ДСТУ 2677-94 (ГОСТ 30179-94). – [Чинний від 1998-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 6 с. – (Національні стандарти України).

8. Техніка сільськогосподарська. Рекуперативні теплоутилизатори вентиляційних викидів тваринницьких приміщень. Основні параметри й загальні технічні вимоги: СОУ 29.3–37–448:2006. – К.: Мінагрополітики України, 2006. – 13 с.

9. Техніка сільськогосподарська. Рекуперативні теплоутилизатори вентиляційних викидів тваринницьких приміщень. Методи випробувань: СОУ 74.3-37-265-2005. – К.: Мінагрополітики України, 2005. – 37 с.

Предложен методический подход и разработана математическая модель рекуперативного теплоутилизатора вентиляционных выбросов животноводческих помещений с учетом конденсации водяного пара на теплообменной поверхности в выбросных каналах.

Математическая модель, рекуперативный теплоутилизатор, вентиляционные выбросы, теплообмен.

The methodical approach has been proposed and the mathematical model of regenerative heat utilizer vent emissions from the cattle breeding premises considering the condensation of water vapor on heat transfer surfaces in the exhaust ducts has been developed.

Mathematical model, recuperative heat utilizer, ventilation exhausts, heat transfer.

УДК 536.24

ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТА АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛОТИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛИЦЬ

***В. Г. Горобець, доктор технічних наук
Є. О. Антипов, аспірант***

Розроблено енергозберігаючу систему теплопостачання теплиць з використанням сонячної енергії та сезонного акумулятора теп-

лоти, що працює на фазових перетвореннях теплоакumuлюючого матеріалу.

Теплиця, сонячна енергія, сезонний акумулятор теплоти, теплообмінні процеси, фазовий перехід, зарядка та розрядка акумулятора.

Одним із актуальних питань сучасної енергетики є заміна традиційних джерел енергії, що базуються на використанні природного газу, нафти, вугілля тощо, альтернативними джерелами, які використовують енергію навколишнього середовища, наприклад вітрову та сонячну енергію, теплову енергію землі та водних ресурсів.

Сонячна енергія – це майже невичерпне джерело екологічно чистої енергії. Завдяки природним і кліматичним умовам наша країна має значні перспективи у використанні енергії Сонця. Це обумовлено тим, що близько 60 % енергії у виробництві і побуті витрачається на низькопотенційні процеси з температурою до 100 °С, а сонячна енергетика може забезпечити таку потребу в цьому температурному діапазоні.

Одним із напрямів розробки енергозберігаючих систем опалення та гарячого водопостачання житлових, промислових та сільськогосподарських об'єктів з використанням альтернативних джерел енергії є розробка системи сонячного енергозабезпечення будівель, яка здатна перетворювати енергію сонячної радіації в інші види енергії (наприклад, у теплову) з подальшою її акумуляцією [1, 3–6].

У сільському господарстві є великі можливості для застосування сонячних установок у рослинництві, тваринництві і садівництві. Це насамперед використання сонячної енергії в геліотеплицях, сушильних установках, для гарячого водопостачання та опалювання будинків, ферм, підігріву води в басейнах для розведення риб, холодильних установок тощо. Економічно доцільне використання сонячної енергії для гарячого водопостачання сезонних користувачів типу баз відпочинку, дачних поселень, а також для обігріву відкритих та закритих плавальних басейнів, спортивних споруд тощо [8].

Мета досліджень – розробка екологічно чистих, енергозберігаючих систем тепlopостачання теплиць з використанням сонячної енергії та сезонного акумулятора теплоти.

Матеріали та методика досліджень. Для добового акумулювання в системах опалення та гарячого водопостачання використовуються акумулятори теплоти ємнісного типу, що працюють у діапазоні температур від 30 до 100 °С. Нижня межа температур, що становить близько 30 °С, характерна для повітряного опалення, температурні діапазони 30 ... 90 °С та 40 ... 60 °С, відповідно характерні для водяного опалення і гарячого водопостачання. До недоліків використання акумуляторів ємнісного типу належить їх велика маса і, як наслідок, потреба у великих площах для їх розміщення. Тому, для акумуляції теплової енергії у найбільш тривалий період, пропонується застосування теплоакumuляторів, що працюють на фазовому переході теплоакumuлюючого матеріалу (ТАМу), масо-габаритні показники яких при однаковій кількості акумульованої енергії суттєво кращі.

У роботі розроблена система тепlopостачання, яка базується на використанні теплового акумулятора, що накопичує теплову енергію навколишнього середовища в літній період, відібрану сонячними колекторами, в системі обігріву теплиць на коротко- або довгостроковий період часу. В першому випадку використовують акумулятори теплоти невеликої потужності, якої вистачає для обігріву об'єктів на одну або кілька діб. При акумуляції теплоти на довгостроковий період, наприклад протягом кількох місяців, необхідно використовувати теплові акумулятори великої потужності, так звані сезонні акумулятори теплоти (САТ). У таких пристроях як гарячий теплоносій може використовуватися вода, розчин етиленгліколю [9] або водно-сольові розчини [10]. Такий теплоносій за допомогою насосного обладнання циркулює в контурі системи опалення в осінньо-зимово-весняний період, а влітку система обігріву може бути відключена і відбувається процес накопичення теплової енергії в сезонному акумуляторі теплоти, з подальшим її використанням у холодний період року.

Вибір конструкції теплового акумулятора та теплоакуючого матеріалу відіграє важливу роль, оскільки визначає необхідний об'єм, габарити та цінові показники такого акумулятора. Відомо кілька принципів щодо акумуляції теплоти, наприклад нагрів речовин, що мають велику теплоємність (вода, спеціальні матеріали), використання теплоти фазового та хімічного перетворення речовин, у результаті якого в ній накопичується теплота [7]. Акумуляція прихованої теплоти є дуже зручною для систем сонячного опалення. Температура фазових переходів ТАМів вибирається невисокою, що відповідає необхідній температурі для системи обігріву теплиць. При цьому, як ТАМ, підбираються речовини з температурою плавлення в діапазоні від 30 до 40 °С.

Основна перевага акумуляторів з фазовим переходом (АФП) – висока питома густина акумуляції енергії, завдяки чому істотно зменшуються об'ємні та вагові характеристики акумулятора теплоти в порівнянні з акумуляторами ємнісного типу.

Аналіз сучасного стану та існуючих систем сонячного обігріву теплиць. В Україні споживання енергії в теплицях складає 1 – 1,5 % загальнонаціонального енергоспоживання і сягає 20 – 35 % загального споживання енергії в сільському господарстві.

Теплиці – це біолого-теплотехнологічні пристрої, вони можуть бути істотно вдосконалені, якщо їх перетворити на геліотеплиці, які часто називають сонячними, при досить невеликих площах можуть забезпечити по два урожаї овочів на рік при мінімальних затратах на підігрів у зимовий період.

Сонячна теплиця має кілька особливостей конструкції. Її обов'язково ставлять лицевою частиною на південь, а задню (північну) стіну роблять глухою та утеплюють сучасними теплоізолюючими матеріалами. Маючи невелику товщину такі матеріали здатні забезпечити необхідний температурний режим в теплицях при дуже низьких температурах навколишнього середовища. Для прикладу, стінка з такого матеріалу товщиною в 1 см має такий же термічний опір, як і стінка з цегли товщиною 34 см.

Розміщувати геліотеплицю необхідно на південному схилі під кутом від 5 до 30 °. Враховуючи оптичні особливості розповсюдження сонячних променів, це дає можливість у будь-якому регіоні країни, концентрувати надходження значно більшої кількості сонячної теплової енергії в теплицю, порівняно з її звичайним розташуванням.

Геліотеплиця працює як пасивна геліосистема. Широко розповсюджені геліотеплиці з подвійним склом (рис. 1), теплоізолюваною північною стінкою, що має відбивне покриття на внутрішній поверхні, яке дозволяє концентрувати теплові потоки сонячної енергії і перешкоджає їх тепловтраті.

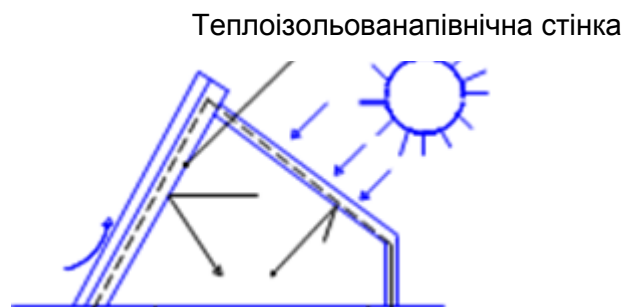


Рис.1. Принципова схема геліотеплиці

Звичайна плівкова теплиця може бути оснащена *підґрунтовим акумулятором теплоти* (рис.2), який розташований під теплицею, виконаний у вигляді ями, яка заповнена шматками граніту і має цегляні канали, які сполучаються з теплицею повітропроводами.

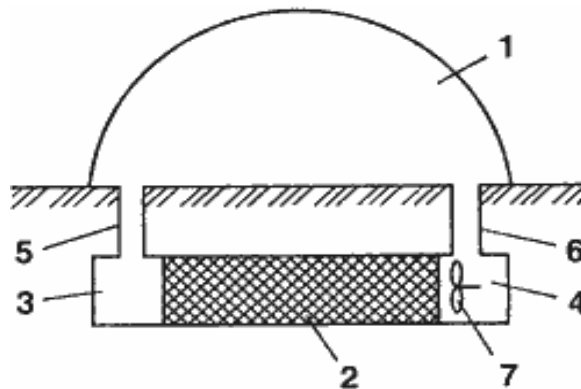


Рис.2. Плівкова теплиця з підґрунтовим акумулятором теплоти:
1 – теплиця; 2 – акумулятор; 3,4 – канали; 5,6 – труби; 7 – вентилятор

Тепле повітря з теплиці проходить першим каналом, а потім вентилятором продувається через цегляні канали підґрунтового (гранітного) акумулятора, віддаючи частину теплоти АТ, та повертається через другий канал до теплиці [2].

Вдень акумулятор заряджається теплотою, а вночі розряджається. Витрата енергії в теплицях зменшується при застосуванні подвійного скління, рухомої захисної теплової ізоляції тощо.

Основним недоліком таких геліотеплиць є короткострокове (добове)

акумулювання теплової енергії, що не дає можливості проводити їх обігрів при зниженні рівня сонячної інсоляції в зимовий період і викликає необхідність застосовувати цей період систему дублюючого підігріву теплоносія.

Розробка геліосистеми для обігріву теплиць з використанням сезонного акумулятора теплоти та аналіз її роботи. Геліосистемаз САТ (рис. 3) призначена для підвищення економічної ефективності системи обігріву теплиць за рахунок використання сонячної енергії та сезонного акумулятора теплоти.

Нагрітий теплоносій з геліоколекторів 1, які знаходяться поруч з теплицею на окремому майданчику, надходить до теплообмінника 5. Конструктивно останній являє собою теплоізольовану ємність із змішувиком (контур сонячних колекторів) та тепловим електричним нагрівником (ТЕ-Ном) 6, який є дублюючим джерелом підігріву води при зниженні рівня інтенсивності сонячного випромінювання або підвищеній хмарності. Накопичене тепло циркуляційним насосом 8 переміщується по контуру теплообмінник – САТ.

Сам акумулятор являє собою ємність 12, виготовлену із сталі з тепловою ізоляцією (13), заповнену теплоакумулюючим матеріалом (ТАМом) 14. Температура фазового переходу ТАМу вибирається такою, що забезпечує підтримку необхідної робочої температури в системі теплопостачання. Всередині корпусу акумулятора знаходяться пучки труб 15, по яких протікає теплоносій. Він може протікати по двох контурах – контур зарядки та контур розрядки акумулятора.

Контур зарядки з'єднує джерело теплоти (сонячний колектор) через теплообмінник 5 з акумулятором, і використовується для накопичення теплоти в акумуляторі теплоти. Контур розрядки з'єднує систему обігріву теплиці 16 (колектор нагрівних труб) із сезонним тепловим акумулятором і застосовується для підігріву повітря в теплиці.

При протіканні нагрітого теплоносія в контурі зарядки по системі нагрівних труб, через їх стінку (теплообмінну поверхню) спочатку відбувається нагрів ТАМу, а при досягненні температури плавлення останнього – процес фазового перетворення з твердої фази в рідку, що супроводжується акумулюванням теплоти. З часом міжфазна поверхня переміщається всередину ТАМу в результаті чого теплоакумулююча речовина розплавляється. При охолодженні ТАМу процес відбувається у зворотній послідовності, спочатку тверда фаза утворюється біля теплообмінної поверхні, а потім поступово у повному об'ємі ТАМу, причому теплоносію віддається акумульована теплота. Таким чином, *розроблена енергозберігаюча система теплопостачання теплиць з використанням сонячної енергії та сезонного акумулятора теплоти*, що працює на фазових перетвореннях теплоакумулюючого матеріалу, *усуває основний недолік геліотеплиць – короткострокове (добове) акумулювання теплової енергії.*

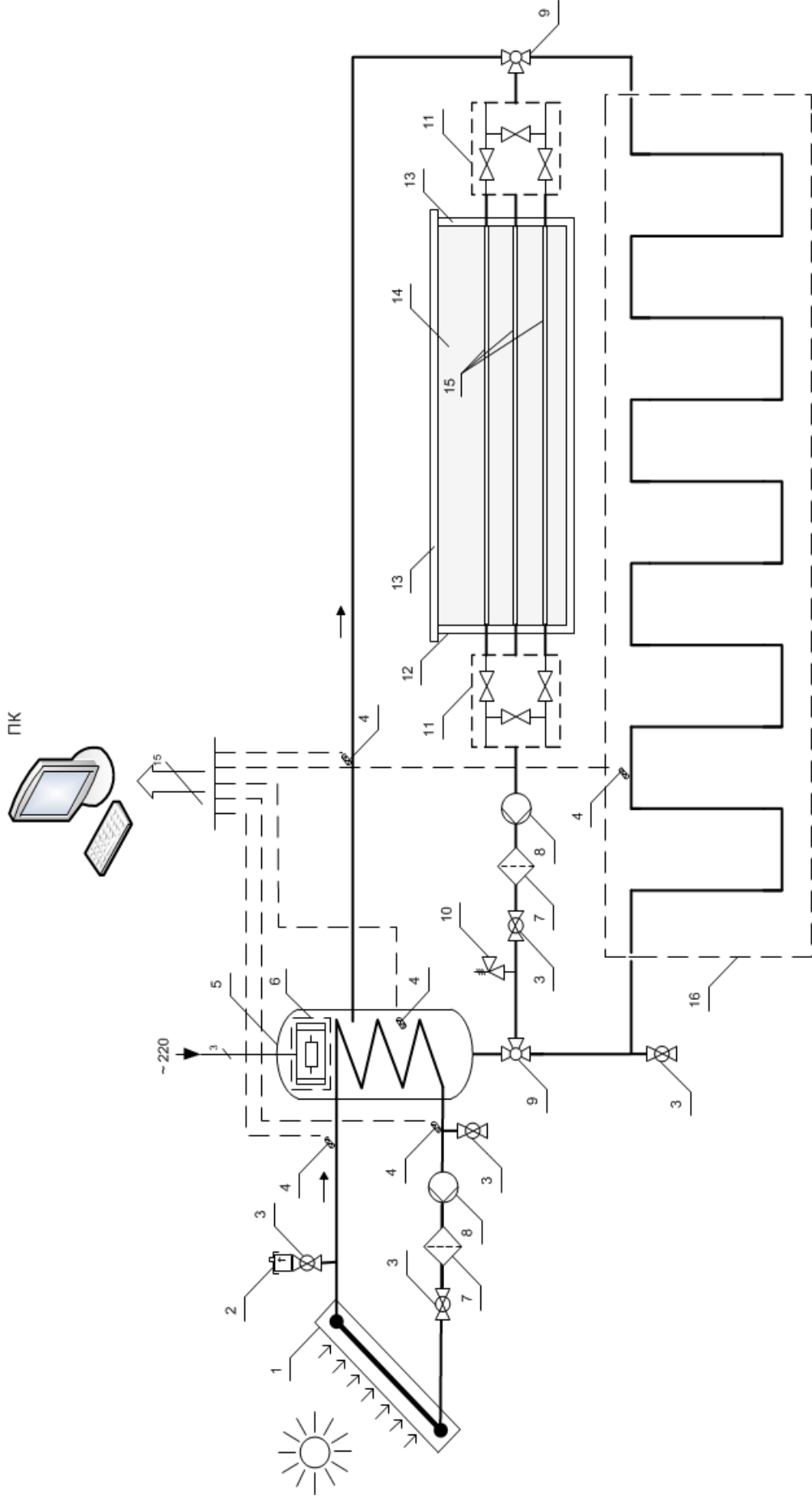


Рис. 3. Гідралічна схема системи теплозабезпечення теплиці:

1- геліоколектор; 2- повітряспускник; 3- шаровий вентиль; 4- накладний датчик температури; 5- теплообмінник; 6- дублююче джерело підігріву (ТЕН); 7- сітчастий фільтр; 8- циркуляційний насос; 9- триходовий шаровий вентиль; 10- запобіжний клапан; 11- розподільний колектор; 12- сезонний акумулятор теплоти; 13- шар теплоізоляції; 14- теплоакumuлюючий матеріал; 15- трубний пучок; 16- колектор нагріваних труб у теплиці

Висновки

1. Застосування геліосистем в Україні є перспективним напрямом використання альтернативних джерел теплової енергії з метою її акумулювання та подальшого використання для опалення та гарячого водопостачання об'єктів АПК.

2. Розроблено систему обігріву теплиць за рахунок використання сонячної енергії та сезонного акумулятора теплоти, що дає можливість значно зменшити енерговитрати для підтримання оптимального мікроклімату в теплицях.

3. Показано, що використання теплових акумуляторів з фазовими перетвореннями теплоакumuлюючого матеріалу має суттєві переваги порівняно з використанням ємнісних теплових акумуляторів.

4. При розробці системи опалення теплиць були враховані такі фактори:

а) розміщувати геліотеплицю необхідно на південному схилі під кутом від 5 до 30 °, що дає можливість суттєво збільшити кількість поглинутої сонячної енергії;

б) використання сучасних теплоізолюючих матеріалів в зовнішніх огорожувальних конструкціях дає можливість зменшити тепловтрати та покращити масогабаритні характеристики теплиць.

5. Розроблена система теплопостачання теплиць з використанням геліоколекторів та сезонних теплових акумуляторів дозволяє скоротити поточні економічні витрати в тепличних комплексах до 50 %.

Список літератури

1. Бекман Г. Тепловое аккумуляирование энергии / Г. Бекман, П. Гилли; пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 272 с.

2. Брикворт Б.Д. Солнечно-энергетические установки / Б.Д. Брикворт. – М.: Мир, 1976. – 288 с.

3. Быстров В.П. Теплоаккумуляторы с использованием фазового перехода / В.П. Быстров, А.В. Ливчак / Вопросы экономии теплоэнергетических ресурсов в системах вентиляции и теплоснабжения: Сб. науч. тр. – М.: Изд-во ЦНИИЭПИО, 1984. – С.75–90.

4. Горобец В.Г. Теплообмен при обтекании неизотермических развитых поверхностей теплообмена / В.Г. Горобец. – К.: «ЦП «Компринт», 2011. – 353 с.

5. Гулиа Н.В. Накопители энергии / Н. Гулиа. – М.: Мир, 1980. – 253 с.

6. Данилин В.Н. Физическая химия тепловых аккумуляторов / В.Н. Данилин.– Краснодар: КПИ, 1981. – 347 с.

7. Елистратов В.В. Аккумуляирование солнечной энергии / В.В. Елистратов // Нетрадиционная энергетика и технология: материалы междунар. конф., 20–25 ноября 1975 г.– Ч. 1. –Владивосток: ДВО РАН, 1975. – С. 32.

8. Дверняков В.С. Сонце – енергія та життя / В.С. Дверняков. – К.: Наук. думка, 1991. – 176 с.

9. Низкотемпературный носитель для систем солнечного теплоснабжения / М.Д. Абдулаева, В.П. Баранник, С.И. Смирнов, Т.Х.Чен // Гелиотехника. – 1988. – №1. – С. 32 – 35.

10. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / [под ред. З.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича]. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.

Разработана энергосберегающая система теплоснабжения теплиц с использованием солнечной энергии и сезонного аккумулятора теплоты, работающего на фазовых превращениях теплоаккумулирующего материала.

Теплица, солнечная энергия, сезонный аккумулятор теплоты, теплообменные процессы, фазовый переход, зарядка и разрядка аккумулятора.

Energy-saving heating system of greenhouses using solar energy and seasonal heat accumulator, working on phase transformations heat accumulating material are developed.

Greenhouse, solar energy, seasonal heat accumulator, heat transfer processes, phase transition, charging and discharging of the battery.

УДК 681.517.631

**ПРОГРАМНО-АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ
МОНІТОРИНГУ ЗОВНІШНІХ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ
ПРИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОМУ КЕРУВАННІ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ**

***В.П. Лисенко, В.М. Решетюк, В.М. Штепа,
кандидати технічних наук
А.А. Руденський, В.М. Пуха, інженери
Т.І. Лендєл, А.О. Дудник, аспіранти***

Обґрунтовано доцільність розробки програмно-апаратних засобів підсистеми моніторингу технологічних параметрів у теплиці: температури та вологості повітря. Встановлено технологічні вимоги до технічних засобів такої підсистеми. Спроектовано принципову електричну схему та друковані плати; здійснено калібрування сприймаючих елементів. Синтезовано алгоритмічно-програмне забезпечення керування відповідним обладнанням. Досліджено, із використанням осцилограм, якість роботи технічних засобів автоматики. Проведено виробничу перевірку підсистеми моніторингу зовнішніх температури та вологості.

Система керування, підсистема моніторингу, вологість, температура, сприймаючі елементи, надійність.

У результаті проведених досліджень розроблено схему системи керування процесом вирощування рослин у теплиці [1–3]. У ній блок нейромережевого моделювання і прогнозування часових рядів (БНМПЧР) (рис.