

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

**За редакцією професора
І. І. МАРТИНЕНКА**

**Затверджено Міністерством сільського
господарства і продовольства України
як підручник для викладачів і студентів
вищих навчальних сільськогосподарських
закладів I—II рівнів акредитації
за спеціальністю «Електрифікація
та автоматизація сільського господарства»**

ББК 40.7я73
А22

Автори:

**І. І. Мартиненко, Б. Л. Головинський, В. П. Лисенко,
О. І. Мартиненко, В. М. Решетюк**

Висвітлено завдання і принципи управління технологічними процесами сільськогосподарського виробництва, розглянуто типові системи автоматизації технологічних процесів, конкретні схеми автоматизації установок і процесів у рослинництві, тваринництві та у сховищах сільськогосподарської продукції.

Для викладачів і студентів вищих навчальних сільськогосподарських закладів I—II рівнів акредитації.

**А22 Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва / І. І. Мартиненко, Б. Л. Головинський, В. П. Лисенко та ін.; За ред. І. І. Мартиненка. — К.: Урожай, 1995. — 224 с.
ISBN 5-337-01651-2**

Висвітлено завдання і принципи управління технологічними процесами сільськогосподарського виробництва, розглянуто типові системи автоматизації технологічних процесів, конкретні схеми автоматизації установок і процесів у рослинництві, тваринництві та у сховищах сільськогосподарської продукції.

Для викладачів і студентів вищих навчальних сільськогосподарських закладів I—II рівнів акредитації.

ББК 40.7я73

А 3703000000-002 Без оголошення
204-95

ISBN 5-337-01651-2

© Мартиненко І. І.,
Головинський Б. Л.,
Лисенко В. П.,
Мартиненко О. І.,
Решетюк В. М., 1995

ПЕРЕДМОВА

У сільському господарстві автоматизація технологічних процесів набула розвитку тільки з 60-тих років нинішнього століття. Цьому сприяли успіхи в комплексній механізації та електрифікації сільськогосподарського виробництва. Спочатку автоматизація була лише частковою, тобто автоматизували окремі виробничі процеси та установки (інкубатори, водокачки, вентиляцію). Згодом почали створювати системи комплексної автоматизації, за яких автоматизувалися не тільки основні, а й допоміжні виробничі процеси й операції. Виникли автоматизовані потокові лінії, а також виробничі об'єкти: птахофабрики, тваринницькі комплекси, кормоцехи, теплиці й тепличні комбінати, зерноочисні і зерноочисно-сушильні пункти тощо. Нині проводяться науково-дослідні роботи по створенню автоматизованих польових мобільних агрегатів.

Автоматизація процесів сільськогосподарського виробництва забезпечує значний економічний ефект. Зокрема, комплексна автоматизація приготування кормів на поточкових лініях сприяє зменшенню затрат праці у 4—5 разів і зниженню собівартості цих кормів на 30—50 %. Особливо суттєвим є економічний ефект при автоматизації технологічних процесів у птахівництві. На багатьох сучасних птахофабриках України, де повністю автоматизовано роздачу кормів, водопостачання, видалення посліду, збирання яєць, освітлення і регулювання режимів мікроклімату, затрати праці на виробництво 1000 яєць становлять 1,5—2,5 год, тобто у багато разів менше ніж на звичайних неавтоматизованих птахофермах.

Дуже ефективною є автоматизація стаціонарних електрифікованих процесів у рослинництві. Так, застосування для післякомбайнної обробки зерна комплектних зерноочисно-сушильних пунктів (ЗАВ-20, ЗАВ-40, КЗС-10, КЗС-20 та ін.) з поточковими технологічними лініями і централізованим автоматичним керуванням дає можливість у 2—3 рази знизити затрати праці порівняно із затратами на звичайних електрифікованих, але не автоматизованих токах.

Автоматика ефективно зарекомендувала себе й на мобільних машинах та агрегатах. Наприклад, впровадження

засобів автоматичного наведення робочих органів комбайна «Херсонець-7» на рядки кукурудзи, що збирається, дало можливість суттєво підвищити робочу швидкість руху агрегату і в кілька разів зменшити втрати врожаю. За розрахунками вчених, автоматизація польових мобільних агрегатів забезпечує підвищення продуктивності праці на 30 %, зниження втрат продукції до 5 % та зменшення витрат палива на 14 %. При комплексній автоматизації рілльничих процесів продуктивність праці може збільшитись у 4—5 разів, а собівартість продукції знизитися на 10—30 %.

Слід зазначити, що мета автоматизації не обмежується лише зниженням затрат праці і підвищенням ефективності використання техніки. Вона сприяє створенню енерго- і ресурсозберігаючих технологій, а також підвищенню продуктивності тварин і птиці, урожайності сільськогосподарських культур. Велике значення має створення сприятливих, а іноді навіть комфортних умов для працівників, зайнятих в автоматизованому виробництві.

Автоматизація технологічних процесів й надалі вдосконалюватиметься. Науково-дослідні і проектні організації працюють над створенням принципово нових автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП), до структури яких вводяться керуючі обчислювальні машини (КОМ). Завдяки функціонуванню КОМ такі системи керують технологічними процесами в оптимальних режимах і дають змогу значно зменшити затрати праці і одночасно збільшити кількість і поліпшити якість сільськогосподарської продукції.

Оскільки сільське господарство дедалі більше оснащуватиметься електричним і технологічним обладнанням із застосуванням різних засобів і систем автоматизації, сучасний спеціаліст з технічною освітою має бути обізнаний з будовою різних систем автоматизації технологічних процесів, що застосовуються і передбачені для застосування в аграрному виробництві.

Змістом предмету «Автоматизація технологічних процесів» є вивчення основ побудови систем автоматизації і освоєння принципів дії конкретних схем і систем автоматизації процесів та установок у тваринництві, птахівництві, тепличному господарстві тощо.

Після засвоєння основних положень курсу майбутні спеціалісти зможуть вільно користуватися спеціальною літературою з автоматизації технологічних процесів, проектами автоматизації та іншою науковою і технічною документацією. Орієнтовний перелік лабораторних робіт з програмами їх виконання наведено у додатку. ❀

1. ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОМАТИЗАЦІЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Залежно від обсягу завдань, які на неї покладені, автоматизація класифікується так:

часткова, що передбачає автоматизацію окремих технологічних процесів, пристроїв, елементів обладнання;

комплексна — провадиться на дільниці, у бригаді, в цеху, підприємстві, які функціонують як єдиний взаємопов'язаний комплекс; при цьому автоматизацією охоплені основні виробничі функції підприємства, відділення;

повна — передбачає передачу всіх функцій управління і контролю виробництвом автоматичній системі управління.

При розробці системи автоматизації кожний агрегат, механізм, технологічний процес, виробництво, які підлягають автоматизації, називають об'єктом управління. Поєднання об'єкта управління з комплексом технічних засобів автоматизації прийнято називати системою автоматичного управління. Властивості (статичні та динамічні) об'єкта автоматизації визначають структуру комплексу технічних засобів автоматизації. Тому поняття об'єкта управління — одне з центральних у теорії автоматичного управління.

При автоматизації технологічних процесів використовуються різні системи автоматичного управління, які класифікуються за такими ознаками:

• принципом функціонального зв'язку між змінними — розімкнені та замкнуті;

характером зміни заданого значення змінної — системи стабілізації, програмні та слідкуючі системи;

принципом формування регулюючої дії — системи, в яких управління здійснюється по відхиленню регульованої величини, інваріантні та комбіновані;

властивостями в стійкому режимі — статичні та астатичні;

характером сигналів, що використовуються в системах, — безперервні, релейні, імпульсні, цифрові;

ступенем ідеалізації математичної моделі — лінійні і нелінійні, стаціонарні і нестаціонарні, із зосередженими і розподіленими параметрами;

структурними схемами — одно- і багатоконтурні;

можливістю змінювати характеристики — адаптивні та неадаптивні;

видом. допоміжної енергії — електричні, пневматичні та гідравлічні.

При створенні систем автоматизації важливо встановити найбільш доцільний рівень автоматизації виробничого процесу, що визначається перш за все економічною ефективністю в умовах конкретного виробництва.

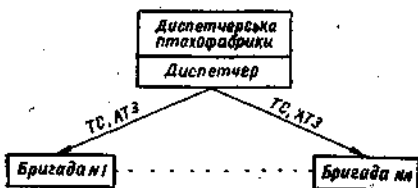
Розробка систем автоматизації провадиться у певній послідовності. Насамперед розробляють структурну схему, яка дозволяє визначити складові частини об'єкту, а також зв'язки між ними. Потім розробляють схему автоматизації, на основі якої встановлюють функціональні властивості кожного з елементів системи зокрема і всієї системи в цілому. Наступний етап — дослідження властивостей об'єкта автоматизації як статичних, так і динамічних, що дозволяє вибрати для об'єкта відповідний алгоритм управління та регулятор (комплекс технічних засобів), який реалізує цей алгоритм. Потім розробляють схеми принципову, з'єднань та підключень, вибирають щитову продукцію і оцінюють ефективність розробленої схеми.

1.2. СХЕМИ В ПРОЕКТАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

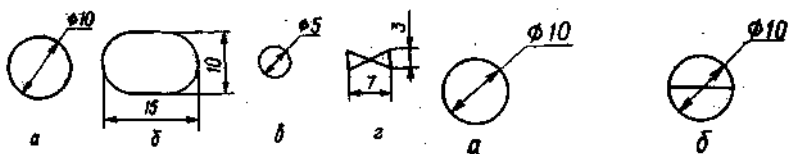
У проектах автоматизації сільськогосподарського виробництва використовують такі схеми: структурні; функціональні; принципові; з'єднань; підключень та ін.

Структурні. При розробці систем автоматизації в першу чергу вирішують питання зв'язку з окремими структурними підрозділами об'єкта автоматизації. Графічне зображення об'єкта автоматизації, а також структурних його частин і зв'язків між ними прийнято називати структурною схемою. Якщо організаційна структура об'єкта нескладна, її описують словами (сама схема не наводиться). Підрозділи об'єкта (рис. 1.1) зображують прямокутниками з пояснюючими написами. Зв'язок показують лінією, а його напрямок — стрілкою. Вид зв'язку позначають великими літерами. Наприклад: ТС — телесигналізація, АТЗ — автоматичний телефонний зв'язок.

Функціональні — є основним проектним документом.



1.1. Організаційно-структурна схема птахофабрики



1.2. Умовне графічне зображення:
 а — датчиків, вторинних приладів (основне зображення); б — датчиків, вторинних приладів (зображення, що допускається); в — виконавчих механізмів; г — регулюючих органів





1.3. Умовне зображення приладів, встановлених:
 а — безпосередньо на технологічному обладнанні; б — на щиті керування

Згідно з ГОСТ 21.404—85 при розробці схем автоматизації користуються умовними графічними та літерними зображеннями. Так, усі датчики, вторинні прилади показують на схемах як коло діаметром 10 мм. Виконавчі механізми зображуються колом, діаметр якого 5 мм, регулюючі органи — двома трикутниками, що стикаються (рис. 1.2). Прилади, розміщені на щиті управління, відрізняються від тих, що встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні — рискою (рис. 1.3).

Виконавчі механізми, які є важливими елементами системи автоматизації, характеризуються різноманітністю, що має бути показана на схемі автоматизації (табл. 1.1).

Як видно, умовні графічні зображення приладів та засобів автоматизації надзвичайно прості та зручні в користуванні, але не відображають функціонального призначення відповідних елементів систем автоматизації. Тому їх доповню-

1.1. Особливість зображення виконавчих механізмів

Зображення виконавчого механізму	Особливість виконавчого механізму
	Закриває регулюючий орган у випадку припинення подачі енергії або сигналу управління
	Відкриває регулюючий орган у випадку припинення подачі енергії або сигналу управління
	Залишає регулюючий орган у незмінному стані у випадку припинення подачі енергії або сигналу управління
	З додатковим ручним приводом



1.4. Розміщення літер по позиціях:

1, 2, 3 — позиції

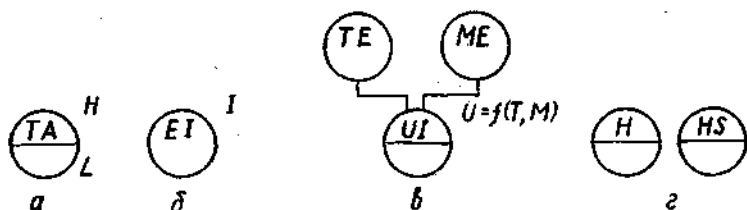
ють умовними літерними позначеннями: великими літерами латинського алфавіту. Залежно від місця знаходження відповідної літери, вона несе різне змістовне навантаження. У середині умовного графічного зображення їх проставляють у верхній частині по трьох позиціях: на першій — літера означає параметр, на який реагує відповідний прилад; на другій — уточнюється призначення першої літери; на третій — функціональні ознаки приладу (рис. 1.4). Значення кожної із літер латинського алфавіту наведено в табл. 1.2.

При позначенні основної величини, що вимірюється, літери *A, B, C, I, J, N, O, Y, E, Z* є резервними і можуть бути використані у випадках, непередбачених стандартом. Для уточнення призначення першої літери використовуються літери *D, F, J* та *Q*, три з них допускається записувати малими *d, f, q*.

Функціональні ознаки приладів на схемах позначають літерами *A, I, R, C, S, H, L*. Якщо один і той же прилад має кілька функціональних призначень, то літери, якими вони позначені, записують у такій послідовності *IRCSA* (показ — реєстрація, регулювання або управління — вмикання, вимкнення, перемикування — сигналізація). Треба пам'ятати, що в позначенні показують лише ті функціональні ознаки приладу, які використовуються в даній системі. Літери *H, L* проставляють за межами умовного графічного позначення (рис. 1.5, а);

Для конкретизації вимірюваної величини праворуч від умовного графічного позначення показують назву або символ величини, що вимірюється (рис. 1.5, б);

Літеру *U* можна використовувати для позначення вто-



1.5. Зображення приладів на схемах автоматизації:

а — прилад, який виконує функцію сигналізації верхньої та нижньої меж температури; б — прилад для вимірювання струму (амперметр); в — прилад для вимірювання температури та вологості; г — прилади ручного управління, дистанційний пост та перемикач

1.2. Літерне позначення на схемах автоматизації
(ГОСТ 21.404—85)

Позначення	Величина, що вимірюється		Функції, що виконуються приладом		
	основна ознака першої літери	додаткова ознака першої літери	відображення інформації	нормування вихідного сигналу	додаткове значення
A	—	—	Сигналізація	—	—
B	—	—	—	—	—
C	—	—	—	Регулювання, управління	—
D	Густина	Різниця, перепад	—	—	—
E	Будь-яка електрична величина	—	—	—	—
F	Витрата	Співвідношення, частина	—	—	—
G	Розмір, положення переміщення	—	—	—	—
H	Ручна дія	—	—	—	Верхня межа вимірюваної величини
I	—	—	Показ	—	—
J	—	Автоматичне перемикання, оббіг	—	—	—
K	Час, часова програма	—	—	—	—
L	Рівень	—	—	—	Нижня межа вимірюваної величини
M	Вологість	—	—	—	—
N	—	—	—	—	—
O	—	—	—	—	—
P	Тиск, вакуум	—	—	—	—
Q	Величина, яка характеризує якість, склад, концентрацію тощо	—	—	—	—

Продовження табл. 1.2

Позначення	Величина, що вимірюється		Функції, що виконуються приладом		
	основна ознака першої літери	додаткова ознака першої літери	відображення інформації	нормування вихідного сигналу	додаткове значення
R	Радіоактивність	—	Реєстрація	—	—
S	Швидкість, частота	—	—	Вмикання, вимикання, перемикання	—
T	Температура	—	Дистанційна передача інформації	—	—
U	Кілька різних величин, що вимірюються	—	—	—	—
V	В'язкість	—	—	—	—
W	Маса	—	—	—	—
X	Резервна літера, не рекомендована для використання	—	—	—	—
Y	—	—	—	—	—
Z	—	—	—	—	—

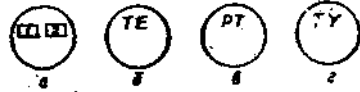
ринного приладу, що вимірює кілька різних величин. Детальне розшифрування величини, що вимірюється, повинно бути наведено біля приладу або на полі креслення (рис. 1.5, в). Слід пам'ятати, що первинні перетворювачі такого комплексу потрібно показувати у відповідності з вимірюваною величиною.

Літеру *H* використовують у позначенні засобів, які виконуються у вигляді окремих блоків, позначених для ручних операцій (літера *H* має стояти на першому місці). Наприклад, літерою *H* позначають кнопку дистанційного управління, *HS* — перемикач електричних ланцюгів (рис. 1.5, г).

Резервні літери, що використовуються для позначення приладів на схемах автоматизації, повинні бути розшифровані безпосередньо на самому кресленні. Не допускається в одній і тій же документації одну і ту ж резервну літеру використовувати для позначення різних величин. Літеру *X*

1.6. Додаткові літерні позначення:

а — позиції в літерному позначенні;
 і — літера, що означає вимірювану величину;
 2 — літера, що означає функціональну ознаку *E, T, K, Y*; б — датчик температури;
 в — прилад для дистанційної передачі сигналу; г — перетворювач



можна використати одноразово в надзвичайних випадках.

Літеру *S* використовують для позначення контактного пристрою приладу, що використовується лише для вмикання, вимикання, блокування; її не слід використовувати для позначення функції регулювання.

На схемах автоматизації складні прилади, що виконують ряд функцій, показують кількома колами, які примикають одне до іншого.

Часто функціональні ознаки приладів та засобів автоматизації можуть бути показані за допомогою літер *E, T, K, Y*. У цих випадках позначення всього приладу повинно складатися лише із двох літер. Перша із них означає величину, що вимірюється, а друга — функціональну належність приладу (рис. 1.6, табл. 1.3). Наприклад, *TE* означає, що на схемі зображений первинний перетворювач температури, *PT* — прилад, що реагує на зміну тиску з дистанційною передачею сигналу, *TY* — перетворювач температури.

Додаткові позначення приладів та засобів автоматизації проставляються і за межами умовних графічних (табл. 1.4). Ці позначення належать до перетворювачів сигналів та обчислювальних пристроїв, тобто до таких засобів автоматизації, функціональні особливості яких позначаються літерою *Y* (дволітерне позначення). Наприклад, позначення на рис. 1.7 означають: а — перетворювач інформації про температуру із аналогового сигналу на дискретний, б — перетворювач інформації про вологість із сигналу електричного на пневматичний, в — прилад, що передає інформацію про тиск.

На схемах автоматизації позиційне позначення приладів та засобів автоматизації розміщують у нижній частині

1.3. Додаткові літерні позначення на схемах автоматизації
(ГОСТ 21.404—85)

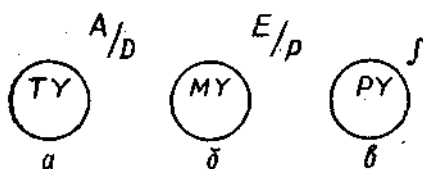
Позначення	<i>E</i>	<i>T</i>	<i>K</i>	<i>Y</i>
Функціональна ознака	Чутливий елемент	Дистанційна передача	Станція управління	Перетворення, обчислювальні функції

1.4. Додаткові позначення для перетворювачів сигналів та обчислювальних пристроїв

Назва	Позначення
Рід сигналу:	
електричний	E
пневматичний	P
гідрравлічний	G
Вид сигналу:	
аналоговий	A
дискретний	D
Операції, які виконує обчислювальний пристрій:	
додавання	Σ
множення сигналу на постійний коефіцієнт K	K
перемноження двох і більше сигналів	\times
ділення сигналів одного на інший	\div
приведення сигналу f в степінь n	f^n
добування із значення сигналу f кореня в степені n	$\sqrt[n]{f}$
логарифмування	\lg
диференціювання	dx/dt
інтегрування	\int
зміна знаку сигналу	$x(-1)$
обмеження верхнього значення сигналу	\max
обмеження нижнього значення сигналу	\min

умовного графічного (рис. 1.8). Цифра в позиційному позначенні вказує на номер комплекту, а мала літера — місце даного приладу в певному комплекті обладнання.

Зв'язок між окремими приладами на схемах автоматизації показують лініями, що можуть підходити до будь-якого місця умовного графічного позначення приладу або за-







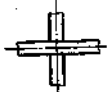

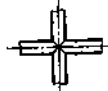


1.7. Додаткові літерні позначення на схемах автоматизації:

a — перетворювач інформації про температуру із аналогового сигналу на дискретний; $б$ — перетворювач інформації про вологість із сигналу електричного на пневматичний; $в$ — прилад, що інтегрує інформацію про тиск



1.8. Умовне позначення первинного перетворювача температури (у нижній частині розміщене позиційне позначення: 1 — комплект № 1, а — перше місце в комплекті № 1)

1.5. Позначення трубопроводів на технологічних схемах

Назва	Позначення		Примітка
	спрощене	умовне	
Трубопровід			1.1 — середовище, що передається (наприклад — питна вода)
Трубопровід з указанням потоку			
Перехід трубопроводів без з'єднання			
Хрестовина			
Вентиль			
Заслінка			

собу автоматизації. Відбірний пристрій для всіх постійно ввімкнених приладів зображують суцільною тонкою лінією, що з'єднує технологічний трубопровід або апарат з первинним вимірювальним перетворювачем або приладом. Якщо необхідно вказати точне місце розташування відбірного пристрою або точки вимірювання, то в кінці тонкої лінії показують коло діаметром 2 мм.

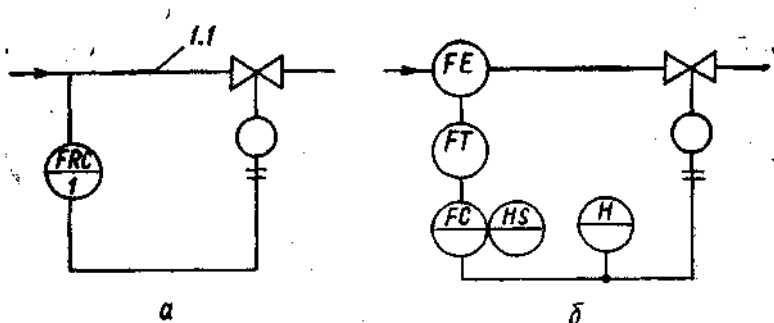
Оскільки схеми автоматизації зображують на технологічних схемах, основні правила зображення технологічного обладнання такі:

технологічне обладнання показується спрощено і безмасштабно;

трубопроводи як технологічне обладнання можна зображувати спрощено (дволінійно) і умовно (СТ СЭВ 4723—84 та СТ СЭВ 3334—81) однолінійно (табл. 1.5);

середовище, яке передається трубопроводами, показують з допомогою цифр (табл. 1.5), які повинні бути розшифровані тут же на полі креслення; перша цифра означає вид середовища, яке передається, а друга — його призначення (наприклад, 1.1 — вода питна).

Схеми автоматизації можуть виконуватись як спроще-



1.9. Спрощений (а) та розгорнутий (б) способи виконання схем автоматизації

но, так і розгорнуто. У першому випадку не показують первинних перетворювачів, а також усю допоміжну апаратуру. Прилади і засоби автоматизації, що виконують складні функції і виконані у вигляді окремих блоків, показують одним умовним графічним позначенням (рис. 1.9, а). Розгорнутий спосіб (рис. 1.9, б) використовують у тих випадках, коли необхідно конкретизувати функцію кожного приладу і засобу автоматизації, що входять до єдиного вимірювального, регулюючого або управляючого комплексу.

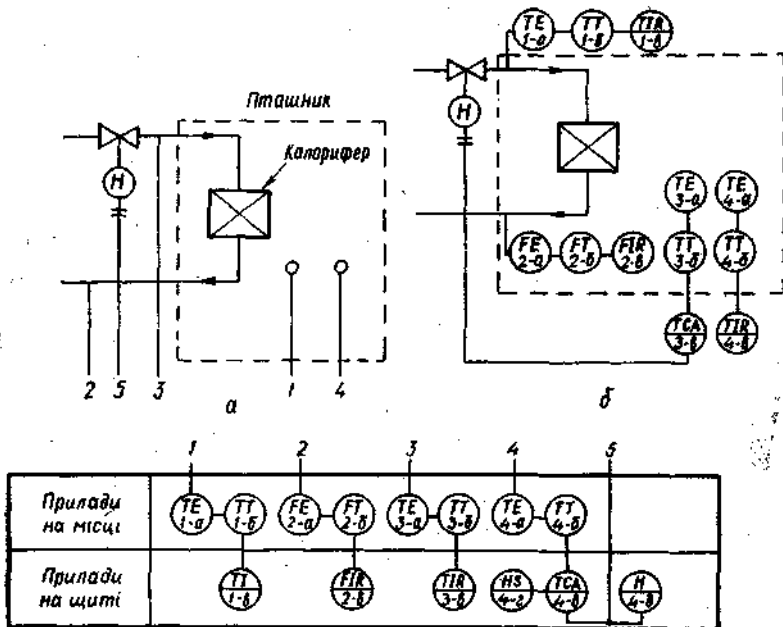
Схеми автоматизації можуть виконуватись як з умовним зображенням щитів або пультів управління (рис. 1.10, а), так і без них (рис. 1.10, б). У першому випадку побудова схем дещо ускладнена, але вони більш наочні, у другому — навпаки, спрощується підготовка схем, але наочність погіршується.

Якщо схеми автоматизації складні, то лінії зв'язку допускається розривати. При цьому обидва кінці ліній у місцях розриву нумерують однією і тією ж арабською цифрою. Для нижнього ряду (рис. 1.10, а) номери повинні йти в порядку зростання зліва направо; для верхнього ряду подібна умова не є обов'язковою.

На схемах автоматизації контури технологічного обладнання, лінії зв'язку, графічні позначення приладів та засобів автоматизації й щитів управління зображують лініями різної товщини:

- 0,6—1,5 мм для контурів технологічного обладнання, а також прямокутників, що зображують щити і пульти;
- 0,5—0,6 мм — для приладів й засобів автоматизації;
- 0,2—0,3 мм — для ліній зв'язку.

Принципові електричні схеми — це проектний документ, розроблений на основі схем автоматизації, який визначає



1.10. Зображення схем автоматизації:

а — із зображенням щита керування; б — без зображення щита керування

довний склад електричних елементів та зв'язків між ними, а також дає детальне уявлення про принципи роботи схеми (табл. 1.6).

При виконанні принципових електричних схем керування в першу чергу такими нормативними документами: ГОСТ 2. 701—84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению»; ГОСТ 2.702—75* «Правила выполнения электрических схем»; ГОСТ 2. 708—81 «Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники».

У загальному випадку принципові електричні схеми складаються з умовних зображень елементів і зв'язків між ними; пояснюючих написів; окремих елементів даної схеми, що використовуються в інших схемах, а також елементів із інших схем; діаграми перемикань контактів багатопозиційних пристроїв; переліку пристроїв, засобів автоматизації та апаратури, що використовується в даній схемі; переліку креслень, що належать до даної схеми, загальних пояснень та примітки.

Для доповнення умовного графічного позначення еле-

**1.6. Графічні позначення
на принципових електричних схемах**

Елементи	Умове графічне позначення	Елементи	Умове графічне позначення
Обмотка трансформатора, дроселя		Замикаючий контакт	
Плавкий запобіжник		Котушка електромагнітного пристрою	
Постійний резистор		Перемикач із складною комутацією	
Змінний резистор		Інвертор	
Конденсатор постійної ємності		Або — ні	
Діод		I	
Стабілітрон		Тригер	
Світлодіод		Підсилювач	
Транзистор (n — p — n тип)			
Тиристор			
Діодний оптрор			

1.7. Літерні коди найпоширеніших видів елементів

Однолітерний код	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
A	Пристрій (загальне позначення)	—	—
B	Перетворювачі неелектричних величин на електричні або навпаки (крім генераторів та джерел живлення); аналогові або багаторозрядні перетворювачі або датчики, що	Гучномовець Магнітостроковий елемент Детектор іонізуючого випромінювання Сельсин-приймач Сельсин-датчик	BA BB BD BE BG

Продовження табл. 1.7

Однолітерний код	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
	використовуються для показу або вимірювання	Телефон Термопара, тепловий датчик Фотоелемент Мікрофон Датчик тиску Пізоелемент Датчик швидкості Звукознамач Датчик частоти обертання	BF BK BL BM BP BQ BV BS BR
C	Конденсатори	—	—
D	Логічні елементи, мікросхеми	Пристрої зберігання інформації Пристрої затримки Інтегральна аналогова мікросхема Інтегральна цифрова мікросхема	DS DT DA DD
E	Елементи різні (освітлювальні, нагрівальні)	Нагрівальний елемент Освітлювальна лампа Піропатрон	EK EL ET
F	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту	Елементи захисту від перенапруги Елементи захисту від струму миттєвої дії Плашковий запобіжник Розрядний елемент	FV FP FU FR
G	Генератори, джерела живлення, кварцеві осцилятори	Батарея	GB
H	Індикатори та сигнальні елементи	Прилад звукової сигналізації Символьний індикатор Прилад світлової сигналізації	HA HG HL
K	Реле, контактори, пускачі	Вказівне реле Струмове реле Електротеплове реле Контактор, магнітний пускач Поляризоване реле Реле часу Реле напруги	KH KA KK KM KP KT KV
L	Котушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентного освітлення	LL
M	Двигуни постійного та змінного струму	—	—

Продовження табл. 1.7

Однолітерний код	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
P	Прилади, вимірювальне обладнання (поєднання PE недопустиме)	Амперметр Лічильник імпульсів Частотомір Лічильник реактивної енергії Лічильник активної енергії Омметр Інструмент, що записує Годинник, вимірювач часу Вольтметр Ватметр	PA PC PF PK PI PR PS PT PV PW
Q	Вимикачі та роз'єднувачі в силових ланцюгах	Автоматичний вимикач	QF
R	Резистори	Короткозамикач Роз'єднувач Терморезистор Потенціометр Шунт для вимірювання Варистор	QK QS RK RP RS RU
S	Комутаційні пристрої в ланцюгах управління, сигналізації, вимірювання	Вимикач або перемикач Кнопковий вимикач Автоматичний вимикач Вимикач, що спрацьовує від різних дій: рівня тиску положення (шляховий) кутової швидкості температури	SA SB SF SL SP SQ SK
T	Трансформатори, авто-трансформатори	Трансформатор струму Трансформатор напруги	TA TV
U	Пристрої зв'язку та перетворювачі електричних величин на електричні	Модулятор Демодулятор Дискримінатор Частотний перетворювач, інвертор, випрямляч	UB UR UI
V	Електровакуумні напівпровідникові прилади	Діод, стабілітрон Електровакуумний прилад	UZ VD VL
W	Лінії та елементи ЗВЧ	Транзистор	VT
X	Контактні з'єднання	Анени Струмознімач, ковзаючий контакт Роз'ємне з'єднання: штир	WA XA XP

Продовження табл. 1.7

Однолітерний код	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
		гніздо	XS
		гніздо для досліджень	XSG
У	Механічні пристрої з електромагнітним приводом	Електромагніт Гальмо з електромагнітним приводом Муфта з електромагнітним приводом Електромагнітний патрон або плита	YA YB YC YH

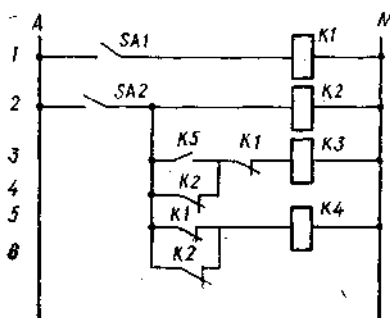
ментів на принципових електричних схемах за ГОСТ 2.710—81 застосовують літерно-цифрові позначення (табл. 1.7 і 1.8). Їх називають позиційними.

Позиційне позначення згідно з ГОСТ 2.710—81 складається із трьох частин. У першій частині записують одну або дві літери латинського алфавіту (вид елемента), у другій — одну або кілька цифр (номер), у третій — одну або кілька латинських літер (функція елемента). Слід пам'ятати, що вид та номер елемента — обов'язкова частина умовного позначення. Показувати функцію елемента необов'язково.

Наприклад, конденсатор, що використовується як інтегруючий, на принциповій електричній схемі позначається С4І (4 — його порядковий номер), а цифрова мікросхема

1.8. Літерні коди для показу функціонального призначення елементів

Літерний код	Функціональне призначення	Літерний код	Функціональне призначення
A	Допоміжний	P	Пропорційний
B	Напрямок руху	Q	Стан (стоп, старт, обмеження)
C	Зчитуючий	R	Поворот, скидання
D	Диференціюючий	S	Запам'ятовування, запис
F	Захисний	T	Синхронізація, затримка
G	Випробовуючий	V	Швидкість, прискорення
H	Сигнальний	W	Додавання
I	Інтегруючий	X	Перемноження
K	Штовхаючий	Y	Аналоговий
M	Головний	Z	Цифровий
N	Вимірювальний		



1.11. Фрагмент принципової електричної схеми рядковим методом

не виконує функцію запам'ятовування, — *DD 7 S* (7 — її порядковий номер) і т. д.

При виконанні принципів електричних схем рекомендується дотримувати певних правил. Лист із схемами заповнюють так: у лівій частині розміщують ос-

новну схему, потім графічний матеріал, що пояснює дію схеми (циклограми, діаграми замикань контактів і т. п.), а в правій частині — текстовий матеріал.

Принципові схеми виконують рядковим методом. При цьому графічні позначення елементів або їх складових частин, що входять в один ланцюг, зображують послідовно один за іншим по прямій, а окремі ланцюги — поряд, створюючи паралельні (горизонтальні або вертикальні рядки) (рис. 1.11).

Усі апарати (реле, контакти, кнопки та ключі управління, автоматичні вимикачі, перемикачі ланцюгів тощо) на електричних схемах необхідно зображувати у вимкненому положенні, тобто при відсутності напруги у всіх ланцюгах схеми та зовнішніх механічних діях на апарати.

Контакти реле, контакторів, кнопкових перемикачів показують таким чином, щоб сила, необхідна для спрацювання, діяла на рухомий контакт зверху вниз при горизонтальному зображенні ланцюгів схеми та зліва направо — при вертикальному.

Для позиційного позначення елементів рекомендується застосовувати дволітерні коди (див. табл. 1.7). Але залежно від конкретного змісту схеми елемент якого-небудь виду може бути позначений і однією літерою — загальним кодом виду елемента. Наприклад, якщо в схемі є магнітний пускач і відсутні інші реле, то цей пускач можна позначити літерою *K*, хоч він має дволітерний код *KM* (див. рис. 1.11).

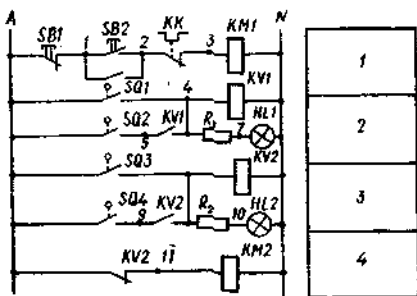
Позиційне позначення на схемі проставляють біля умовного графічного зображення елементів (пристроїв) з правого боку або над ними.

Щоб полегшити сприйняття принципів електричних схем їх іноді розбивають на функціональні ділянки і збоку (справа) роблять написи, що пояснюють функціональне призначення ланцюга, або вказують, до якої схеми техно-

1.12. Фрагмент електричної принципової схеми транспортування та дозування концентрованих кормів на фермі великої рогатої худоби:

1 — привод воріт; 2, 3 — контроль рівня в бункері № 1, № 2; 4 — привод транспортера

логічного обладнання належить цей ланцюг (рис. 1.12).



Лінії зв'язку між елементами повинні складатись із горизонтальних та вертикальних відрізків і мати найменше число зломів та перетинів. У деяких випадках допускається застосовувати нахилені лінії зв'язку, довжину яких необхідно обмежувати.

На принципових електричних схемах лінії зв'язку повинні бути показані, як правило, повністю; якщо це утруднює читання схем, тоді допускається їх обривати. У таких випадках обриви слід закінчувати стрілками, біля яких показують місце підключення та характеристинку ланцюгів (полярність, потенціал); лінії зв'язку, що переходять з одного листа на інший, необхідно обривати за межами зображення схеми.

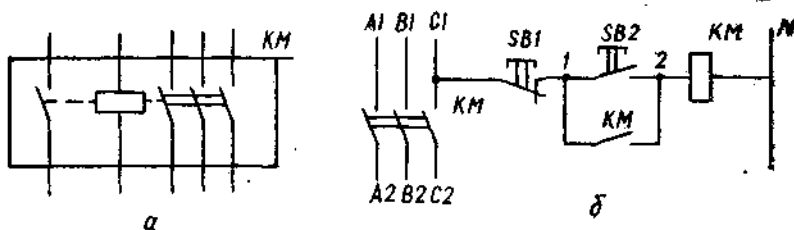
Товщина ліній зв'язку допускається 0,2—1,0 мм, а рекомендується—0,3—0,4 мм. На одній схемі бажано використовувати не більше трьох різних за товщиною розмірів ліній зв'язку.

На принципових електричних схемах графічні умовні зображення елементів можуть бути виконані двома способами:

суміщенням, коли всі частини кожного приладу, засобу автоматизації або електричного апарату розміщують у безпосередній близькості один від одного та окреслюють їх прямокутником, квадратом або колом; недолік цього способу — недостатня наочність (рис. 1.13, а);

рознесенням, при якому складові частини приладів, апаратів, засобів автоматизації розміщують у різних місцях схеми, але таким чином, щоб окремі ланцюги були зображені найбільш наочно; належність елементів до одного і того ж пристрою встановлюють по позиційному позначенню (рис. 1.13, б).

Відповідно до ГОСТ 2.709—83 «Система обозначения цепей в электрических схемах» маркірування ділянок електричних ланцюгів, розділених контактами апаратів, обмотками реле, резисторами та іншими елементами, повинне



1.13. Способи зображення принципів схем:
а — суміщений; б — рознесений

бути різним, а маркірування ділянок ланцюгів, що проходять через роз'ємні, розбірні або нерозбірні контакти з'єднання, — однаковим. При маркіруванні ланцюгів дотримуються таких правил:

силові ланцюги змінного струму маркірують літерами, що означають фази (*A, B, C* — ланцюги трифазного струму; *A, N; B, N; C, N* — ланцюги однофазного струму; *A, B; B, C; C, A* — ланцюги двофазного струму) та послідовними числами;

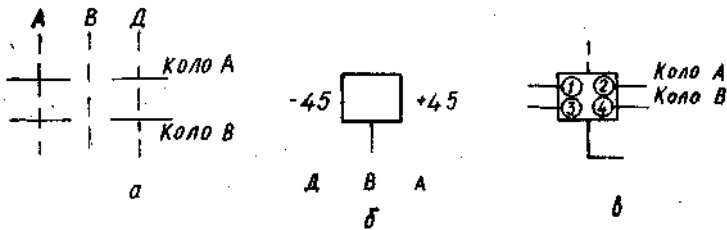
силові ланцюги постійного струму маркірують непарними числами — ділянки ланцюгів додатньої полярності, парними — ділянки ланцюгів від'ємної полярності; входні та вихідні ділянки ланцюгів — з показом полярності «+» та «-», а середній провідник — літерою *N* та *M*;

ланцюги управління, захисту сигналізації та вимірювання в межах виробу або установки маркірують числами, причому їх послідовність повинна бути від джерела живлення до споживача, а розгалуження ланцюгів — зверху вниз і зліва направо. Залежно від функціонального призначення різні ланцюги електричних схем маркірують певними групами чисел (табл. 1.9).

Приклад маркірування ланцюгів зображений на рис. 1.13,б. Для комутації електричних ланцюгів часто викорис-

1.9. Групи чисел, що використовуються для маркірування ланцюгів

Ланцюги	Група чисел	
	основна	резервна
Управління, регулювання	1—399	1001—1399 2001—2399 і далі
Сигналізації	400—799	1400—1799 2400—2799 і далі
Живлення	800—999	1800—1999 2800—2999 і далі



УП 5311С23								
N секції	N контакта		-45°		0°		+45°	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
I	1	2					X	X
II	3	4	X	X				
Вибір режиму роботи			Дистанційне керування		Вимкнено		Автоматичне керування	
Умовне позначення			Д		В		А	

2

1.14. Технічна характеристика багатопозиційного пристрою:

а — кола, що комутуються; б — фронтальна площина перемикача; в — монтажне зображення перемикача; г — діаграма перемикачів

товують багатопозиційні апарати (ключі, перемикачі, програмні пристрої). У цьому випадку на схемі необхідно розмістити діаграми та таблиці перемикачів їх контактів. У таблицях наводять відомості, що відображають тип апарата, вид рукоятки, номер контактів і режим роботи (рис. 1.14).

Дані про елементи схем, що зображуються на кресленнях принципів електричних схем, повинні бути занесені до переліку елементів, які оформляють у вигляді таблиці:

Схеми з'єднань. Це схеми, на яких зображують з'єднання складових частин установки або виробу, що автоматизуються, а також провода, кабелі або трубопроводи. Указані схеми розробляються на основі схем автоматизації, принципів схем живлення, а також загальних виглядів щитів і пультів.

Схемами з'єднань користуються при виконанні монтажних та налагоджувальних робіт на об'єкті, а також у процесі його експлуатації.

Загальні правила виконання схем з'єднань такі:

розробляють на один щит, пульт, станив, станцію управління;

усі типи апаратів, приладів та арматури, передбачені принциповою електричною схемою, повинні бути повністю відображені на схемі з'єднань;

позиційне позначення приладів та засобів автоматизації, а також маркірування ділянок ланцюгів, що прийняті на принципових схемах, необхідно зберегти на схемі з'єднань.

Застосовують три способи виконання схем з'єднань: адресний, графічний і табличний.

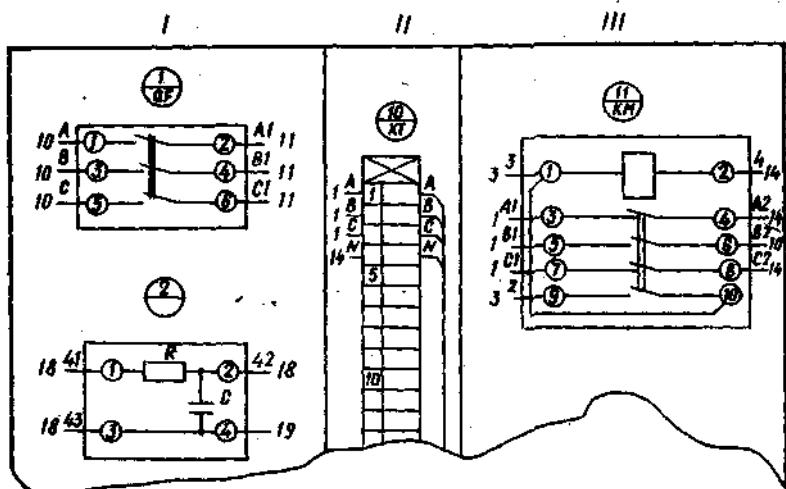
Для перших двох, крім перерахованих правил, слід виконувати ще кілька:

щит або шкаф управління розвертають в одній площині, позначаючи лише ті їх конструктивні елементи, на яких розміщуються прилади та засоби автоматизації (рис. 1.15); при цьому зберігають взаємне розміщення приладів та засобів автоматизації;

прилади та засоби автоматизації зображують спрощено без збереження масштабу у вигляді прямокутників, над якими розташовують коло, розділене рискою навпіл. Цифри над рискою вказують порядковий номер виробу (номери присвоюються попанельно зліва направо і зверху вниз), а під рискою — позиційне позначення цього виробу (відповідно до принципової електричної схеми);

при потребі показують внутрішню схему апаратів (рис. 1.15);

для кількох реле, розміщених в одному ряду, внутріш-



1.15. Фрагмент електричної схеми з'єднань, виконаної адресним способом:

I — передня панель; II — ліва бокова стінка; III — задня стінка

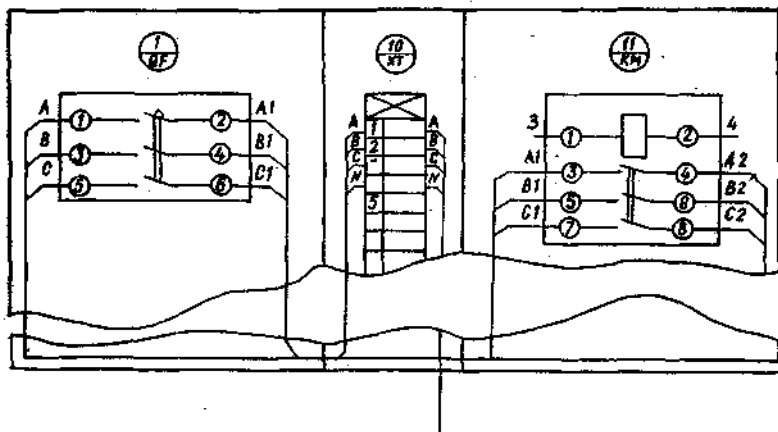
ню схему показують лише один раз (якщо вона у них одна й та ж сама);

вивідні затискачі приладів умовно зображують колами, у середині яких показують їх заводську маркіровку; якщо у вивідних затискачів апаратів заводської маркіровки немає, їх маркують умовно арабськими цифрами, що обумовлюють у пояснюючих написах; маркіровка проводів і позначення затискачів на схемах з'єднань незалежні;

платам, на яких розміщуються резистори, конденсатори та інші елементи, присвоюється лише порядковий номер (проставляється в колі над рискою); позиційне позначення елементів розміщують безпосередньо біля їх умовного графічного позначення (рис. 1.15).

Адресний спосіб найбільш поширений і полягає в тому, що лінії зв'язку між окремими елементами апаратів, що встановлюються на щиті або пульті, не показують. Замість цього у місці приєднання проводу на кожному апараті або елементі проставляють цифрову або літерно-цифрову адресу того апарата чи елемента, з яким він електрично повинен бути з'єднаний (позиційне позначення відповідно до принципової схеми або порядкового номера елемента). Це не загромождає креслення лініями зв'язку і дозволяє її легко читати.

Графічний спосіб полягає в тому, що на кресленні умовними лініями показують усі з'єднання між елементами апаратів (рис. 1.16). Цей спосіб застосовують лише для щитів і пультів, відносно мало насичених апаратурою. Схеми трубних проводок виконують лише графічним способом. Якщо



1.16. Фрагмент електричної схеми з'єднань, виконаної графічним способом

в одному щиті, пульті прокладають труби із різного матеріалу (сталеві, мідні, пластмасові), то й умовні позначення при цьому використовують різні (суцільні лінії, штрихові, штрихові з двома крапками та ін.).

Табличний спосіб застосовують у двох варіантах. Для першого складають монтажну таблицю, де зазначають номери кожного електричного ланцюга, у свою чергу, для кожного ланцюга послідовно перелічують умовні літерно-цифрові позначення приладів, апаратів, та їх контактів, до яких ці ланцюги під'єднані (табл. 1.10).

Так, для ланцюга 7 запис означає, що затискач 6 магнітного пускача *КМ1* з'єднується із затискачем 4 магнітного затискача *КМ2*, який в свою чергу повинен бути з'єднаним із затискачем 3 реле часу *КТ4*.

Другий варіант відрізняється від першого тим, що у таблицю вписують по зростанню номери маркіровки ланцюгів принципових електричних схем (табл. 1.11).

Напрямок прокладки проводів, як і для першого варіанту, записують у вигляді дробу. У примітці для більш чіткого розпізнавання проводів прийнято використовувати додаткове позначення. Наприклад, перемичку позначають літерою «л» (див. табл. 1.11).

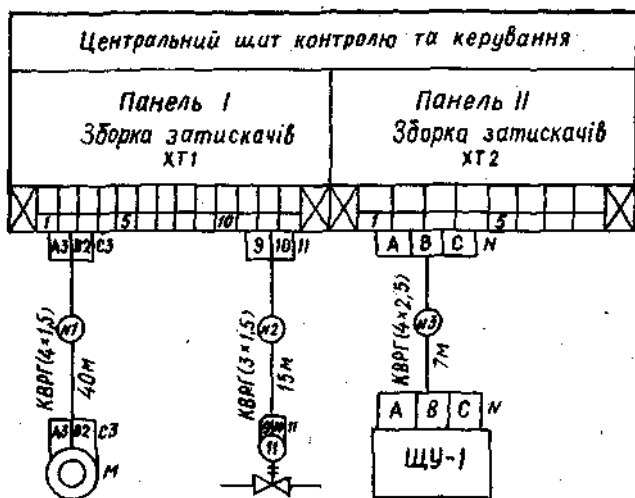
Схеми підключень показують зовнішнє підключення апаратів, установок, щитів, пультів тощо. Їх виконують на основі схем автоматизації, принципових електричних, принципових живлення, специфікацій приладів і обладнання, а також креслень виробничих приміщень із розміщенням технологічного обладнання та трубопроводів. Схеми підключень використовують при монтажі проводок, за допомогою яких установку, прилад, апарат підключають до джерела живлення, щита, пульта та ін.

1.10. Фрагмент таблиці з'єднань

Номер ланцюга	З'єднання
7.	<i>КМ1/6 — КМ2/4 — КТ4/3</i>
8	<i>КМ4/2 — ХТ1/293</i>

1.11. Таблиця з'єднання проводок

Провідник	Звідки іде	Куди підключається	Дані проводу	Примітка
1	<i>ХТ3/1</i>	<i>ХТ3/2</i>	<i>ПВ 1 × 0,75</i>	<i>П</i>



Назва об'єкта	Привод вентилятора	Виконавчий механізм	Щит керування
Тип	АИР..	МЭО...	ЩШМ

1.17. Фрагмент схеми підключень

На рис. 1.17 зображений фрагмент схеми підключень (графічний спосіб).

Іноді схеми підключень показують у вигляді таблиць, які виконують окремо на кожен секцію (або панель) щита управління (табл. 1.12).

1.3. ОБ'ЄКТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ТА ЇХ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ

При розробці систем автоматизації кожний технологічний процес, машина, устаткування, апарат, що підлягає автоматизації, називаються об'єктами автоматизації.

Об'єкт автоматизації — це одне із центральних понять у теорії автоматичного регулювання та управління. Його властивості визначають склад комплексу технічних засобів та алгоритм управління. Тобто, об'єкт автоматизації можна розглядати як деякий базис, а всі інші елементи системи як надбудову.

У сільськогосподарському виробництві найбільш сприятливі умови для автоматизації забезпечуються для стаціонарних процесів у тваринництві, закритому ґрунті, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції. Останнім часом завдяки розвитку мікроелектроніки стала можливою автоматизація мобільної техніки: тракторів, комбайнів, сівалок.

Таким чином, об'єктами автоматизації у сільському господарстві є: технологічні процеси (створення мікроклімату, приготування та роздача кормів, сушіння та очищення продукції, стабілізація рівня рідин), окремі механізми та апарати (стабілізація частоти обертання робочих машин, забезпечення завантажування драбарок та ін.).

Об'єкти автоматизації можна класифікувати так: прості та складні; із зосередженими та розподіленими параметрами.

У простих об'єктів — динамічні властивості описуються за допомогою двох узагальнених координат (входу та виходу). Динаміка складних об'єктів для опису потребує не менше трьох координат. Динамічні та статичні властивості об'єктів із зосередженими параметрами постійні в усіх їх просторових точках. Об'єкти із розподіленими, навпаки, потребують ще й просторової координати, оскільки їхня динаміка у різних просторових точках різна. Тому об'єкти із розподіленими координатами є ще й складними.

Властивості об'єкта управління дозволяють визначити алгоритм управління та підібрати комплекс технічних засобів для його реалізації. При цьому користуються математичними моделями об'єктів автоматизації у вигляді передаточних функцій. Передаточні функції (зображення лінійних диференційних рівнянь) можуть бути одержані за результатами аналітичних та експериментальних досліджень.

Аналітичні методи дослідження об'єктів. У цьому випадку користуються одним із трьох відомих законів збереження: кількості енергії, руху, речовини. Так, для сільськогосподарського виробництва закони збереження можуть бути інтерпретовані таким чином:

для теплових об'єктів

$$mc \frac{d\theta}{dt} = Q_{\Sigma} \quad (1.1)$$

де m — маса об'єкту; c — питома теплоємність; θ — температура; Q_{Σ} — сума теплових потоків, що направлені на об'єкт та з нього;

для об'єктів, що здійснюють круговий рух

$$I \frac{d\omega}{dt} = M, \quad (1.2)$$

де I — момент інерції; ω — кругова частота обертання;
 M — сума моментів;

для об'єктів, що здійснюють лінійний рух

$$m \frac{dV}{dt} = F, \quad (1.3)$$

де V — лінійна швидкість; F — сума сил, що діють на об'єкт;

для об'єктів, які наповнюються рідинами

$$S \frac{dh}{dt} = \Sigma Q, \quad (1.4)$$

де S — площа основи резервуарів; h — рівень рідини; Q — потоки рідин;

для об'єктів, які піддаються сушінню або зволоженню

$$m_0 \frac{d\omega}{dt} = W, \quad (1.5)$$

де m_0 — маса абсолютно сухої речовини; ω — відносна вологість; W — маса води, що надходить за одиницю часу.

Аналіз виразів (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) дозволяє записати:

$$L \frac{dy}{dt} = x, \quad (1.6)$$

де x, y — вхід та вихід об'єкта; L — незмінні його властивості.

У кінці попереднього століття А. Стодола отримав рівняння, яке може бути використаним для визначення передаточних функцій об'єктів:

$$T_a \frac{d\Delta y}{dt} \pm \delta y = \Delta x, \quad (1.7)$$

де T_a — час розгону об'єкту; δ — коефіцієнт самовирівнювання; $\Delta x, \Delta y$ — відхилення змінних на вході та виході об'єкту.

Залежно від знаку δ об'єкти автоматизації поділяються на:

$\delta > 0$ статичні стійкі;

$\delta = 0$ астатичні;

$\delta < 0$ статичні нестійкі.

Коефіцієнт самовирівнювання А. Стодола визначив як

$$\delta = \frac{x_0}{y_0} \left[\left(\frac{d\Delta y}{d\Delta x} \right)_{\Delta x=x_0} - \left(\frac{d\Delta y}{d\Delta x} \right)_{\Delta x=x_0} \right], \quad (1.8)$$

де x_0, y_0 — вхідна та вихідна величини для статичного режиму.

Коефіцієнт самовирівнювання дозволяє визначити постійну часу та коефіцієнт передачі об'єкту:

$$T = \frac{T_a}{\delta}; \quad k = \frac{1}{\delta}.$$

Тобто, коефіцієнт самовирівнювання надзвичайно важлива характеристика для об'єкту автоматизації.

Час розгону об'єкту T_a визначається як

$$T_a = \frac{U}{x} = \frac{\int_0^{y_n} L \cdot dy}{x} = \frac{Ly_n}{x}, \quad (1.9)$$

де U — ємність об'єкту (його здатність нагромаджувати або витратити енергію або речовину); y_n — номінальне значення вихідної величини.

Розглянемо на прикладі резервуара, як із використанням рівняння Стодоли можна знайти його передаточну функцію.

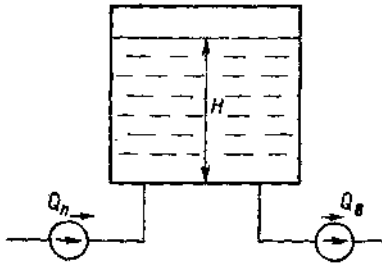
П р и к л а д 1.1. Резервуар з нижньою подачею рідини (рис. 1.18) $Q_n = \sqrt{5-H}$ та витратою $Q_v = \text{const}$ має таку характеристику: площа основи $S=5 \text{ м}^2$, номінальний рівень $H_0=4 \text{ м}$, перевищення припливу над витратою в статичному режимі $\Delta Q=1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Знайти передаточну функцію резервуара.

Коефіцієнт самовирівнювання:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{H_0}{Q_0} \left[\left(\frac{dQ_n}{dH} \right)_{H=H_0} - \left(\frac{dQ_n}{dH} \right)_{H=H_0} \right] = \\ &= \frac{4}{1} \left[0 - \left(\frac{d\sqrt{5-H}}{dH} \right)_{H=H_0} \right] = 4 \left(0 + \frac{1}{2\sqrt{5-4}} \right) = \\ &= 4 \cdot \frac{1}{2} = 2. \end{aligned}$$

Час розгону об'єкту:

$$T_a = \frac{SH_0}{\Delta Q} = \frac{5 \cdot 4}{1 \cdot 10^{-3}} = 20 \cdot 10^3 \text{ с}.$$



1.18. Схема резервуара з нижньою подачею рідини

Коефіцієнт передачі об'єкту:

$$k = \frac{1}{\delta} = \frac{1}{2} = 0,5,$$

а постійна часу:

$$T = \frac{T_a}{\delta} = \frac{20 \cdot 10^3}{2} = 10 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

Остаточне диференціальне рівняння, яке описує властивості резервуара, матиме вигляд:

$$10 \cdot \frac{dH}{dt} + H = 0,5 \cdot Q,$$

а передаточна функція після застосування перетворення Лапласа:

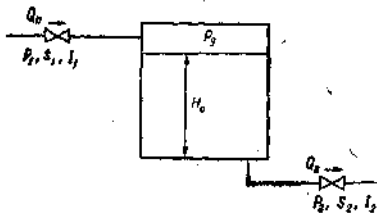
$$W(p) = \frac{H(p)}{Q(p)} = \frac{k}{Tp + 1} = \frac{0,5}{10 \cdot 10^3 \cdot p + 1}.$$

Таким чином, для наведених умов резервуар, як об'єкт автоматизації, являє собою аперіодичну ланку.

Існує також і другий підхід при побудові математичних моделей об'єктів аналітичним методом — класичний, який потребує знань фізичних явищ, що відбуваються в даному об'єкті.

На прикладі резервуара розглянемо це питання детальніше (рис. 1.19).

Приклад 1.2. У резервуар з витратою Q_n під тиском P_1 через вентиль з коефіцієнтом опору I_1 та площею перерізу S_1 подається рідина. Номінальний рівень рідини H_0 , тиск підпору P_n , тиск, що створюється водяним стовпом, P_b . Рідина забирається насосом ($Q_b = \text{const}$) при тисковій P_2 через вентиль з площею S_2 та характеристикою I_2 .



Необхідно визначити передаточну функцію для каналу управління «Рівень H — зміна площі вентиля S_1 ».

1.19. Схема резервуара

На основі закону збереження для нашого об'єкту запишемо:

$$S \frac{dH}{dt} = Q = Q_n - Q_v, \quad (1.10)$$

де S — площа основи резервуара.

$$\text{Відомо, що} \quad Q_n = S_1 \sqrt{\frac{2}{\rho l_1} (P_1 - P_n)}, \quad (1.11)$$

де ρ — питома вага рідини.

Таким чином:

$$S \frac{dH}{dt} = S_1 \sqrt{\frac{2}{\rho l_1} (P_1 - P_n)} - Q_v. \quad (1.12)$$

Враховуючи, що залежність (1.11) нелінійна, рівняння (1.12) необхідно записати у відхиленнях. Для цього змінимо вхідну величину об'єкту на ΔS_1 . Це призведе до зміни вихідної величини на ΔH . Отже:

$$S \frac{d(H + \Delta H)}{dt} = (S_1 + \Delta S_1) \sqrt{\frac{2}{\rho l_1} (P_1 - P_n)} - Q_v. \quad (1.13)$$

Витік рідини при цьому не змінився, оскільки рідина забирається насосом.

Від рівняння (1.13) віднімемо (1.12):

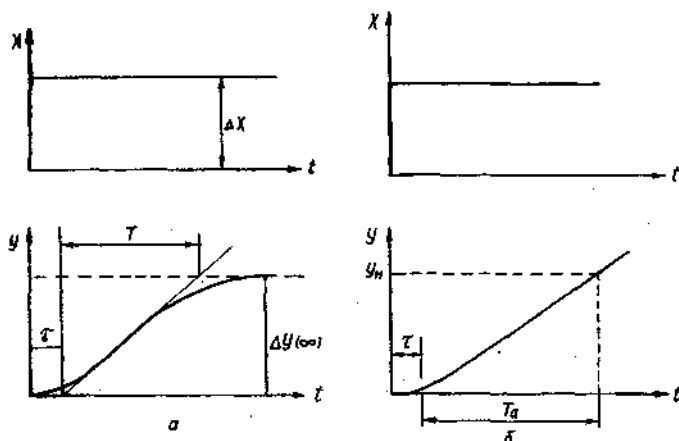
$$S \frac{d\Delta H}{dt} = \Delta S_1 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho l_1} (P_1 - P_n)}. \quad (1.14)$$

Залежність (1.14) лінійна і може бути використана для визначення передаточної функції через перетворення Лапласа. Позначивши $\frac{d}{dt} \rightarrow p$, одержимо:

$$\begin{aligned} S p \Delta H &= \Delta S_1 \sqrt{\frac{2}{\rho l_1} (P_1 - P_n)}; \\ W(p) &= \frac{\Delta H(p)}{\Delta S_1(p)} = \frac{\sqrt{\frac{2}{\rho l_1} (P_1 - P_n)}}{S p} = \frac{1}{T p}, \end{aligned} \quad (1.15)$$

де $T = \frac{S}{\sqrt{\frac{2}{\rho l_1} (P_1 - P_n)}}$ — постійна часу.

Таким чином, для зазначених умов динамічні властивості резервуара описуються інтегруючою ланкою.



1.20. Криві розгону об'єктів:
а — статичних; б — астатичних

Аналітичний метод дослідження має одну основну перевагу перед іншими — він значно дешевший (не потребує затрат на експерименти, матеріали), але в той же час моделі за рахунок прийнятих спрощень та допущень не завжди мають достатню точність.

Експериментальні методи досліджень об'єктів поділяються на методи активного та пасивного експерименту. При активному експерименті на вхід об'єкту подається сигнал стандартної форми. Реакція об'єкту на цей сигнал дозволяє визначити його передаточну функцію. Найчастіше з усіх випробувальних сигналів використовують прямокутну приступку (рис. 1.20). Реакція об'єкту — це крива розгону, яка з метою отримання передаточної функції може оброблятися графічним методом, методом Н. Симою (інтегральних площин) та іншими. Графічна апроксимація полягає в тому, що через точку перегину (для статичного об'єкту) проводять дотичну, яка дозволяє визначити постійну часу T та час запізнювання τ . Коефіцієнт передачі визначають як $k = \frac{\Delta y(\infty)}{\Delta x}$. Таким чином, для рис. 1.20, а

(статичний об'єкт) передаточна функція матиме структуру:

$$W(p) = \frac{ke^{-p\tau}}{Tp + 1} \quad (1.16)$$

Для астатичного об'єкту структура передаточної функції має вигляд:

$$W(p) = \frac{v}{p} e^{-p\tau} \quad (1.17)$$

де ε — швидкість розгону об'єкту може бути розрахована як

$$\varepsilon = \frac{k}{T_a} = \frac{y_n/\Delta x}{T_a}, \quad (1.18)$$

де y_n — номінальне значення вихідної величини об'єкту управління; T_a — час розгону (як визначається видно із рис. 1.20, б).

Необхідно підкреслити, що графічна апроксимація може бути застосованою лише для певного класу об'єктів — тих, у яких точка перегину знаходиться близько до осі абсцис, в іншому випадку точність апроксимації буде невисокою.

Метод інтегральних площин більш універсальний ніж метод графічної апроксимації, дає більшу точність, а тому його можна рекомендувати до використання практично для всіх об'єктів автоматизації. Структура передаточної функції при цьому має вигляд:

$$W(p) = W^*(p)ke^{-\nu\tau}, \quad (1.19)$$

де $W^*(p)$ — безрозмірна передаточна функція.

Коефіцієнт передачі об'єкту визначається як і при графічній апроксимації. Час запізнювання як час, протягом якого об'єкт не реагує (або практично не реагує) на вхідний сигнал — прямокутну приступку. Основна робота, як видно, полягає у знаходженні структури та параметрів безрозмірної передаточної функції. Розглянемо це дещо детальніше.

Загальний вигляд структури безрозмірної передаточної функції:

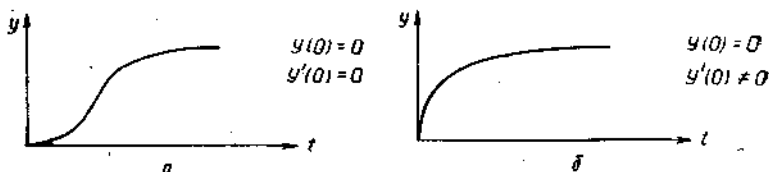
$$W(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + 1}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + 1}, \quad (1.20)$$

де a_n, b_m — коефіцієнти, що можуть бути визначеними із такої системи рівнянь:

$$\begin{cases} a_1 = F_1 + b_1; \\ a_2 = F_2 + b_2 + b_1 F_1; \\ a_i = F_i + b_i + b_{i-1} F_1 + \dots + b_1 F_{i-1}. \end{cases} \quad (1.21)$$

де F_1, F_2, \dots, F_i — інтегральні площини.

Враховуючи, що для інженерних розрахунків досить використовувати лише три інтегральні площини F_1, F_2, F_3 , визначення безрозмірної передаточної функції дещо спрощується і полягає в такому: аналізують криву розгону (рис. 1.21); якщо вона має точку перегину, тобто характеризується умовами $y(0) = 0$ та $y'(0) = 0$ (рис. 1.21, а), то структура безрозмірної передаточної функції матиме вигляд:



1.21. Варіанти кривих розгону за методом інтегральних площин:
 а — з точкою перегибу; б — без точки перегибу

$$W^*(p) = \frac{1}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1} \quad (1.22)$$

і $a_3 = F_3$, $a_2 = F_2$, $a_1 = F_1$. Якщо при цьому $F_3 < 0$, то:

$$W^*(p) = \frac{b_1 p + 1}{a^2 p^2 + a_1 p + 1} \quad (1.23)$$

і коефіцієнти b_1 , a_1 , a_2 можуть бути знайденими на основі (1.21):

$$\begin{cases} a_1 = F_1 + b_1; \\ a_2 = F_2 + b_1 F_1; \\ 0 = F_3 + b_1 F_2. \end{cases} \quad (1.24)$$

якщо крива розгону точки перегибу не має (рис. 1.21, б), тобто характеризується умовами $y(0) = 0$, $y'(0) \neq 0$, то структура безрозмірної передаточної функції має вигляд виразу (1.23), а його параметри розраховуються за системою рівнянь (1.24).

Інтегральні площини F_1 , F_2 , F_3 розраховують у такій послідовності:

весь часовий проміжок, на якому розміщена крива розгону, розбивають на однакові інтервали Δt таким чином, щоб на кожному із них вона мало відрізнялась від прямої (при цьому враховується, що час запізнення τ уже виділений);

визначають відносне значення ординати кривої розгону для кожного інтервалу

$$\dot{y}(i\Delta t) = \frac{y(i\Delta t)}{y(\infty)}, \quad (1.25)$$

де i — номер ординати ($i = 0, \infty$);

розраховують

$$\gamma(i\Delta t) = 1 - \dot{y}(i\Delta t); \quad (1.26)$$

визначають першу інтегральну площину

$$F_1 \approx \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} \gamma(i\Delta t) - 0,5[1 - \dot{y}(0)] \right\}; \quad (1.27)$$

1.13. Форма таблиці для розрахунку інтегральних площин

Час <i>t, c</i>	$y(i \cdot \Delta t)$	$\dot{y}(i \cdot \Delta t)$	$\gamma(i \cdot \Delta t)$	$\alpha(i \cdot \Delta t)$	$\beta(i \cdot \Delta t)$	$\gamma(i \cdot \Delta t) \times \kappa(i \cdot \Delta t)$	$\gamma(i \cdot \Delta t) \times \beta(i \cdot \Delta t)$	$\gamma(i \cdot \Delta t) \times \kappa(i \cdot \Delta t)$
0·Δ <i>t</i>	$y(0 \cdot \Delta t)$	$\dot{y}(0 \cdot \Delta t)$	$\gamma(0 \cdot \Delta t)$	$\alpha(0 \cdot \Delta t)$	$\beta(0 \cdot \Delta t)$	...	$\kappa(0 \cdot \Delta t)$	...
1·Δ <i>t</i>	$y(1 \cdot \Delta t)$	$\dot{y}(1 \cdot \Delta t)$	$\gamma(1 \cdot \Delta t)$	$\alpha(1 \cdot \Delta t)$	$\beta(1 \cdot \Delta t)$	...	$\kappa(1 \cdot \Delta t)$	...
2·Δ <i>t</i>	$y(2 \cdot \Delta t)$	$\dot{y}(2 \cdot \Delta t)$	$\gamma(2 \cdot \Delta t)$	$\alpha(2 \cdot \Delta t)$	$\beta(2 \cdot \Delta t)$	...	$\kappa(2 \cdot \Delta t)$	...
...	...	...	$\sum_{i=0}^n$	...	...	$\sum_{i=0}^n$	...	Σ

змінюють масштаб часу

$$\alpha(i\Delta t) = i\Delta t/F_1; \quad (1.28)$$

розраховують

$$\beta(i\Delta t) = 1 - \alpha(i\Delta t); \quad (1.29)$$

розраховують другу інтегральну площину

$$F_2 \approx F_1 \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^n \gamma(i\Delta t) \beta(i\Delta t) - 0.5 [1 - \dot{y}(0)] \right\}; \quad (1.30)$$

визначають

$$\kappa(i\Delta t) = 1 - 2\alpha(i\Delta t) + \frac{\alpha^2(i\Delta t)}{2}; \quad (1.31)$$

визначають третю інтегральну площину

$$F_3 \approx F_2^2 \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^n \gamma(i\Delta t) \kappa(i\Delta t) - 0.5 [1 - \dot{y}(0)] \right\}; \quad (1.32)$$

усі розрахунки заносять до табл. 1.13.

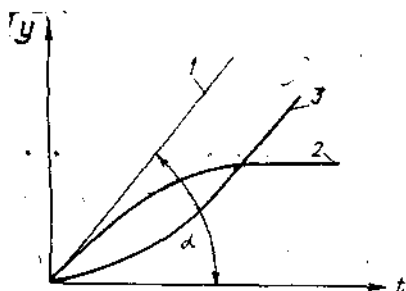
Передаточні функції астатичного об'єкту визначаються як різниця передаточних функцій, що відповідають певним кривим розгону 1 і 2 (рис. 1.22):

$$W(p) = [W_1^*(p) - W_2^*(p)] \frac{\Delta y_2(\infty)}{\Delta x}, \quad (1.32)$$

де W_1^* — безрозмірна передаточна функція для ідеальної інтегруючої ланки (лінія 1 на рис. 1.22):

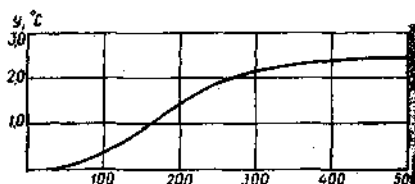
$$W_1^*(p) = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\Delta y_2(\infty)} \cdot \frac{1}{p}; \quad (1.33)$$

W_2^* — безрозмірна передаточна функція, що відповідає кривій 2 на рис. 1.22 (послідовність її визначення була показана раніше).



1.22. Крива розгону астатичного об'єкта:

1, 2 — допоміжні криві; 3 — крива розгону астатичного об'єкта



1.23. Крива розгону теплообмінного пристрою

Приклад 1.3. Крива розгону теплообмінного пристрою була отримана при зміні положення затвора регулюючого органу на 20 % (рис. 1.23). Необхідно за методом інтегральних площин знайти передаточну функцію.

По кривій розгону знаходимо час запізнювання $\tau = 50$ с. Приймаємо часовий інтервал $\Delta t = 25$ с (крива розгону близька до прямої лінії). Складаємо допоміжну табл. 1.14.

Знаходимо інтегральні площини:

$$F_1 \approx 25 [5,689 - 0,5(1-0)] = 129,725 \text{ с};$$

$$F_2 \approx 129,725 \cdot 25 [2,243 - 0,5(1-0)] = 5652,9 \text{ с}^2;$$

$$F_3 \approx (129,725^2 \cdot 25 [0,578 - 0,5(1-0)]) = 11780 \text{ с}^3.$$

1.14. Допоміжна таблиця до приклада 1.3

t, с	y, °C	$\frac{y}{y_{\infty}}$	γ	α	β	$\gamma\beta$	κ	$\eta\kappa$
0	0	0	1	0	1	1	1	1
25	0,15	0,0625	0,938	0,192	0,808	0,758	0,634	0,596
50	0,40	0,167	0,833	0,385	0,615	0,514	0,304	0,254
75	0,70	0,292	0,708	0,578	0,422	0,298	0,011	0,0078
100	1,05	0,438	0,562	0,717	0,230	0,129	0,177	-0,099
125	1,30	0,542	0,458	0,963	0,037	0,0159	0,462	-0,212
150	1,52	0,634	0,366	1,15	-0,156	-0,055	-0,644	-0,236
175	1,72	0,718	0,282	1,34	-0,349	-0,096	-0,788	-0,222
200	1,90	0,792	0,208	1,541	-0,541	-0,011	-0,895	-0,186
225	2,05	0,855	0,145	1,734	-0,734	-0,105	-0,965	-0,14
250	2,17	0,905	0,095	1,927	-0,927	-0,088	-0,997	-0,0947
275	2,27	0,946	0,054	2,119	-1,119	-0,059	-0,993	-0,054
300	2,33	0,971	0,029	2,312	-1,312	-0,038	-0,951	-0,027
325	2,37	0,989	0,011	2,505	-1,505	-0,0187	-0,872	-0,0096
350	2,40	1,0	0,0	2,698	-1,698	0,0	-0,756	0,0
Σ			5,689				-2,243	0,578

З урахуванням того, що $y(0) = 0$, $y'(0) = 0$ (рис. 1.21, а) безрозмірна передаточна функція на основі рівняння (1.22) матиме вигляд:

$$W^*(p) = \frac{0,12 \cdot e^{-50 \cdot p}}{11780p^3 + 5652,9p^2 + 129,7p + 1}$$

$$\begin{aligned} \text{Коефіцієнт передачі об'єкта } k &= \frac{\Delta y(\infty)}{\Delta x} = \frac{2,4}{20} = \\ &= 0,12 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{ ходу р. о.}} \end{aligned}$$

Із урахуванням попередньо виділеного часу запізнювання остаточна передаточна функція об'єкту така:

$$W(p) = \frac{0,12 \cdot e^{-50 \cdot p}}{11780p^3 + 5652,9p^2 + 129,7p + 1}$$

За умов пасивного експерименту об'єкт управління (його вхід та вихід підключається до вимірювача і протягом тривалого часу його параметри фіксуються). Використовуючи спеціальні розділи математики (у першу чергу це теорія ймовірності, випадкові процеси), можна розрахувати передаточну функцію об'єкту автоматизації. Послідовність розрахунків при цьому така:

вважають, що випадкові процеси на вході $x(t)$ та виході $y(t)$ об'єкту є стаціонарними ергодичними, що дає змогу вести всі інші розрахунки;

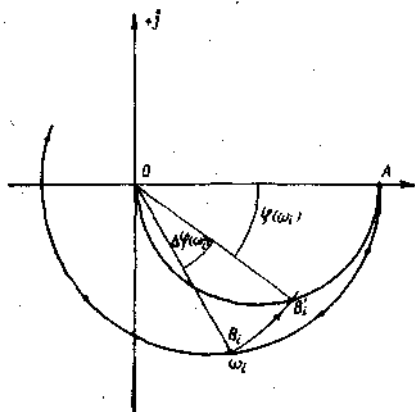
по реалізаціях випадкового процесу на вході та виході розраховують його статистичні характеристики: математичне очікування $M(x)$, $M(y)$, дисперсію $D(x)$, $D(y)$; центрують випадкові процеси $\dot{y}(t) = y(t) - M(y)$, $\dot{x}(t) = x(t) - M(x)$;

розраховують кореляційну та взаємно-кореляційну функцію центрованих випадкових процесів $R_y(\tau)$, $R_x(\tau)$, $R_{yx}(\tau)$; якщо кореляційні функції при зсуві між ординатами $\tau \rightarrow \infty$ згасають до 0, то прийнята гіпотеза про ергодичність та стаціонарність випадкових процесів справедлива. При цьому необхідно пам'ятати, що ординати випадкового процесу вимірюються через інтервали часу (час дискретизації), які визначаються за теоремою Котельникова:

$$\Delta t = \frac{\pi}{10\omega_p} \quad (1.34)$$

де ω_p — вища частота в спектрі частот, що представлені в реалізації випадкового процесу;

за кореляційними функціями розраховують спектральні



1.24. Апроксимація амплітудно-частотної характеристики об'єкта

щільності, що дозволить побудувати амплітудно-фазову характеристику об'єкта (рис. 1.24):

$$W(j\omega) = \frac{S_{yx}(\omega)}{S_x(\omega)}, \quad (1.35)$$

де $S_{yx}(\omega)$ — взаємна спектральна щільність; $S_x(\omega)$ — спектральна щільність вхідного сигналу;

амплітудно-фазова характеристика апроксимується передаточною функцією з параметрами:

$$W(p) = \frac{ke^{-p\tau}}{Tp + 1}, \quad \text{де } k = 0A;$$

$$\tau = \frac{\Delta\varphi(\omega_i)}{\omega_i}; \quad (1.36)$$

$$T = \frac{\arctg \varphi(\omega_i)}{\omega_i}; \quad (1.37)$$

враховуючи, що для побудови амплітудно-фазової характеристики об'єкта необхідно 5—6 значень, постійна часу та час запізнювання усереднюються:

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{n}, \quad T = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}, \quad n = 5-6. \quad (1.38)$$

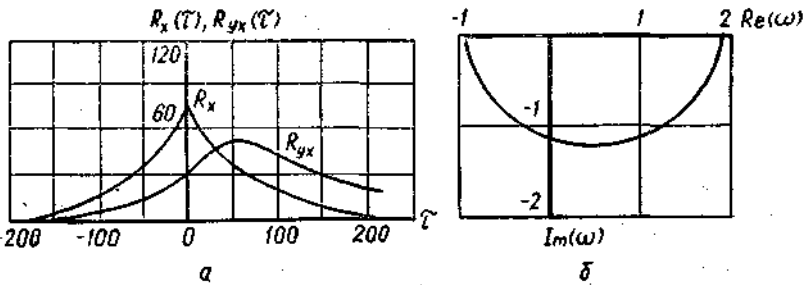
Приклад 1.4. Визначити передаточну функцію об'єкта, якщо кореляційна та взаємно-кореляційна його функції зображені на рис. 1.25, а.

Як відомо, амплітудно-фазова характеристика об'єкта може бути побудована за виразом:

$$W(j\omega) = \frac{S_{yx}(\omega)}{S_x(\omega)} = K(\omega) + iM(\omega), \quad (1.39)$$

де

$$K(\omega) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} R_{yx}(\tau) \cos \omega\tau \cdot \tau \, d\tau}{\int_{-\infty}^{+\infty} R_x(\tau) \cos \omega\tau \cdot \tau \, d\tau}; \quad (1.40)$$



1.25. До прикладу 1.4:

а — кореляційні функції об'єкта; б — амплітудно-фазова характеристика

$$M(\omega) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} R_{yx}(\tau) \sin \omega\tau \cdot \alpha\tau}{\int_{-\infty}^{+\infty} R_x(\tau) \cos \omega\tau \cdot \alpha\tau} \quad (1.41)$$

Для нашого конкретного випадку вирази (1.40) та (1.41) запишуться так:

$$K(\omega) = \frac{\int_0^{250} R_{yx}(\tau) \cos \omega\tau\alpha\tau + \int_0^{150} -R_{yx}(-\tau) \sin \omega\tau \cdot \alpha\tau}{2 \int_0^{250} R_x(\tau) \cos \omega\tau \cdot \alpha\tau} \quad (1.42)$$

$$M(\omega) = \frac{\int_0^{250} R_{yx}(\tau) \sin \omega\tau\alpha\tau + \int_0^{150} -R_{yx}(-\tau) \sin \omega\tau \cdot \alpha\tau}{2 \int_0^{250} R_x(\tau) \cos \omega\tau \cdot \alpha\tau} \quad (1.43)$$

Враховуючи, що підінтегральні вирази знаходяться методом найменших квадратів, результати розрахунків занесено в табл. 1.15.

За табл. 1.15 будемо амплітудно-фазову характеристику (рис. 1.25, б). Скориставшись виразами (1.36), (1.37)

1.15. Результати розрахунків амплітудно-фазової характеристики

ω	0,005	0,006	0,007	0,008	0,01	0,012
$K(\omega)$	2,57	2,02	0,83	0,06	-0,7	-1,26
$M(\omega)$	-0,01	-1,03	-1,78	-1,7	-1,2	-0,09

та усереднивши значення часу запізнювання і постійної часу за (1.38), одержимо остаточно:

$$W(p) = \frac{2,56 \cdot e^{-70,8 \cdot p}}{128 + 1}$$

1.4. ВИБІР АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ

Динамічні властивості об'єктів управління дають змогу розробникам систем автоматки на стадії проектування визначити алгоритм управління. Для цього слід проаналізувати співвідношення між постійною часу та часом запізнювання. Відомо, що

$$0,2 \leq \frac{\tau}{T} \leq 1 \text{ — безперервний (лінійний),}$$

$$\frac{\tau}{T} < 0,2 \text{ — позиційний,}$$

$$\frac{\tau}{T} > 1 \text{ — рекомендують імпульсний алгоритм управління.}$$

При визначенні алгоритму управління необхідно пам'ятати, що структура передаточної функції повинна відповідати виразам (1.16) та (1.17). Метод інтегральних площин дає більш складну структуру. У цьому випадку:

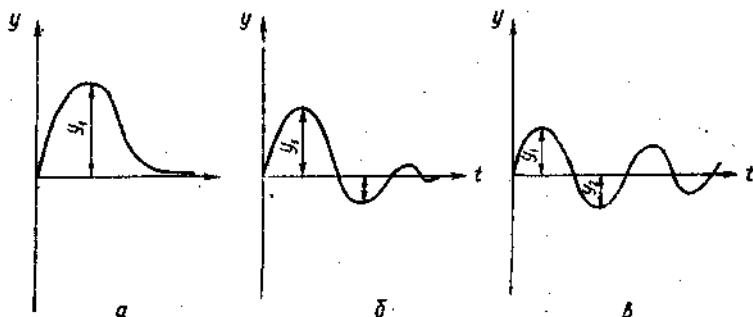
за передаточною функцією знаходять оригінал, за яким будують криву розгону;

крива розгону (побудована) апроксимується графічним способом, яких би динамічних властивостей не мали зазначені об'єкти;

розраховані параметри передаточної функції використовуються для визначення алгоритму управління.

Лінійний алгоритм управління — один із найпоширеніших у сільськогосподарському виробництві. Він включає пропорційний, інтегральний, пропорційно-інтегральний, пропорційно-диференційований, пропорційно-інтегрально-диференційований. Кожний з них має свої недоліки та переваги.

У практиці проектування для конкретного об'єкту вибирають такий алгоритм, який би забезпечив один із трьох типових перехідних процесів: аперіодичний, із 20 %-ним перерегулюванням, із мінімальним інтегральним показником якості (рис. 1.26). Аперіодичний характеризується максимальним динамічним відхиленням, мінімальним часом регулювання та відсутністю перерегулювання, із 20 %-ним регулюванням — середній по якості перехідний процес, із мінімальним інтегральним показником якості (площа



1.26. Типові перехідні процеси:

а — аперіодичний; б — із 20 %-ним перерегулюванням; в — із мінімальним інтегральним показником якості

між кривою перехідного процесу та віссю часу мінімальна) — значним перерегулюванням, найбільшим часом регулювання та мінімальним динамічним відхиленням. Конкретний типовий перехідний процес може бути визначений з урахуванням вимог технологів до відповідного об'єкту управління.

Методика вибору найкращого алгоритма управління полягає у визначенні динамічного коефіцієнта регулювання. Для статичних об'єктів:

$$R_d = \frac{y_1}{k_0 y_m}, \quad (1.44)$$

де y_1 — максимальне динамічне відхилення; k_0 — коефіцієнт передачі об'єкта управління; y_m — максимально можливе збурення по навантаженню (у відсотках переміщення регулюючого органу).

Після цього за графічними залежностями (рис. 1.27) визначають алгоритм управління.

Для астатичних об'єктів:

$$R_d = \frac{y_1}{\varepsilon_0 \tau y_m}, \quad (1.45)$$

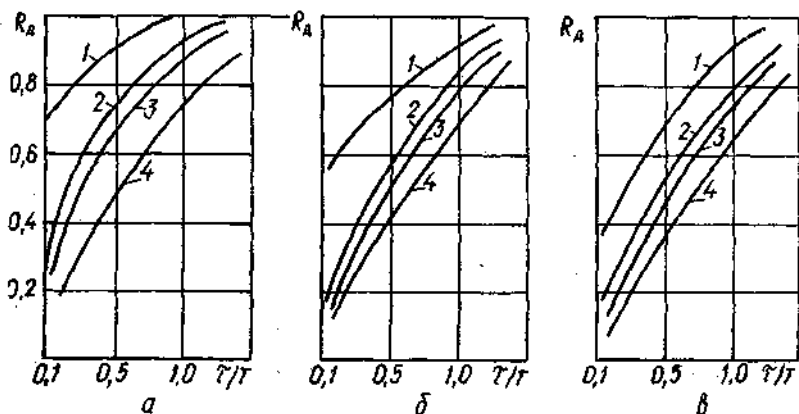
де ε_0 — швидкість розгону об'єкта; τ — час запізнювання.

Для астатичного об'єкта алгоритм управління знаходять за табл. 1.16.

Для того, щоб переконатись у правильності вибору алгоритму управління, розраховують час регулювання, який потім порівнюють із вимогами технологів:

$$t_p = \psi \tau, \quad (1.46)$$

де ψ — відносний час регулювання, що вибирається з табл. 1.17.



1.27. Залежності для вибору алгоритму керування:

а — аперіодичний типовий перехідний процес; б — типовий перехідний процес з 20 %-ним перерегулюванням; в — типовий перехідний процес із мінімальним інтегральним показником якості

Для статичних об'єктів відносний час регулювання при інтегральному алгоритмі управління знаходять за допомогою графічних залежностей (рис. 1.28).

Якщо виявиться, що пропорційний алгоритм управління найкращий, у цьому випадку слід визначити статичну похибку та порівняти її з допустимою:

$$\Delta y = y_{\kappa} \frac{k}{1 + k k_p} = y_{\kappa} k S, \quad (1.47)$$

де Δy — статична похибка; k_p , k — відповідно коефіцієнти передачі регулятора та об'єкту; S — коефіцієнт статизму.

Проте скористатись виразом (1.47) важко, тому що k_p — невідомий (регулятор ще не вибраний). Тому рекомендується знайти Δy за графічними залежностями (рис. 1.29).

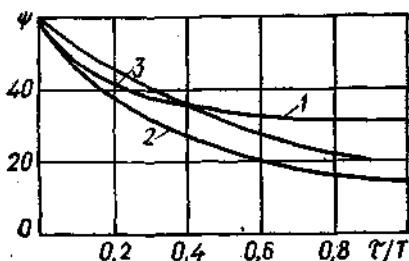
1.16. Динамічні коефіцієнти регулювання для астатичних об'єктів

Алгоритм управління	Динамічний коефіцієнт регулювання		
	аперіодичний	із 20 %-ним перерегулюванням	із мінімальним інтегральним критерієм
Пропорційний	2,9	1,4	—
Пропорційно-інтегральний	1,4	1,3	0,9
Пропорційно-інтегрально-диференціальний	1,3	1,1	0,8

1.17. Відносний час регулювання

Алгоритми управління	Об'єкт	Відносний час регулювання		
		аперіодичний	із 20 %-ним перерегулюванням	із мінімальним інтегральним критерієм
Пропорційний	Статичний	4,5	6,5	9,0
	Астатичний	6,0	8,0	—
Пропорційно-інтегральний	Статичний	8,0	12,0	16,0
	Астатичний	14,0	16,0	18,0
Пропорційно-інтегрально-диференційний	Статичний	5,5	7,0	10,0
	Астатичний	9,0	12,0	13,0

Приклад 1.5. Для теплового об'єкту з $W(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-0,2p}}{266p + 1}$ задані такі показники якості: $y_1 = 5^\circ\text{C}$, статична похибка $\Delta y = 0,5^\circ\text{C}$, $t_p = 500$ с, перерегулювання по

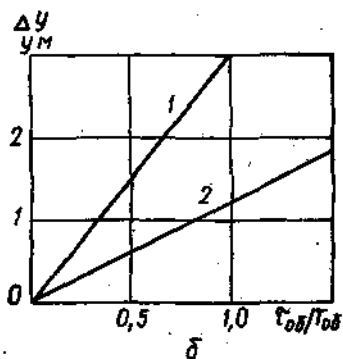
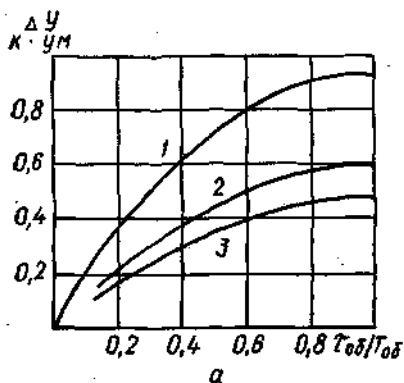


1.28. Відносний час регулювання для:

1 — аперіодичного типового перехідного процесу; 2 — із 20 %-ним перерегулюванням; 3 — із мінімальним інтегральним показником якості

1.29. Визначення статичної похибки для:

а — статичних об'єктів; б — астатичних; 1 — аперіодичний типовий перехідний процес; 2 — із 20 %-ним перерегулюванням; 3 — із мінімальним інтегральним показником якості



забуренню $\sigma=0,3$, $y_m=40\%$. Визначити найкращий алгоритм управління.

Враховуючи, що об'єкт статичний:

$$R_x = \frac{5}{0,2 \cdot 40} = 0,625.$$

Вибираємо для нашого об'єкту аперіодичний перехідний процес. За рис. 1.27, а знаходимо алгоритм управління — пропорційний. Перевіримо, чи буде забезпечуватись при цьому необхідний час регулювання: за табл. 1.17 знаходимо, що $\phi = 4,5$, а $t_{p_n} = 4,5 \cdot 80 = 360$ с. Видно, що $360 < 500$. Перевіримо, а яка ж виникає при цьому статична похибка. Із рис. 1.29, а знаходимо, що

$$\Delta y = k_{0y_m} \cdot 0,57 = 0,2 \cdot 40 \cdot 0,57 = 4,56^\circ \text{C}.$$

Зрозуміло, що $0,5 < 4,56$, тому пропорційний алгоритм управління не задовольняє вимог технологів. Для пропорційно-інтегрального за матеріалами табл. 1.17 знаходимо, що $t_{p_{пн}} = 8 \cdot 80 = 640 > 500$. Таким чином, за часом регулювання і цей алгоритм не підходить. Для пропорційно-інтегрально-диференційного $t_{p_{пид}} = 5,5 \cdot 80 = 440 < 500$. Видно, що цей алгоритм управління забезпечує час регулювання, який потрібен технологам. Оскільки для нього $\Delta y = 0$, то на ньому й слід зупинитись.

Проте вибраний алгоритм управління не дозволяє вибрати із каталогів та довідників відповідний регулятор. Для цього необхідно розрахувати параметри його настройки.

Існують кілька інженерних методик для вирішення цього завдання. На наш погляд заслуговує на увагу розрахунок на заданий кореневий показник коливальності (за розширеними амплітудно-фазовими характеристиками). Суть його така. Використовують метод Найквіста, відповідно до якого

$$W(p) [(-m + j)\omega] = -1, \quad (1.48)$$

де $W(p) [(-m + j)\omega]$ — розширена амплітудно-фазова характеристика розімкненої системи; m — кореневий показник коливальності, який визначається як

$$m = \frac{\alpha}{\beta}, \quad (1.49)$$

де α , β — відповідно дійсна і уявна складові пари домінуючих коренів характеристичного рівняння замкненої системи (тих, що знаходяться найближче до уявної осі).

Вираз (1.48) можна записати так:

$$W_0[(-m+j)\omega] W_p[(-m+j)\omega] = -1, \quad (1.50)$$

де $W_0[(-m+j)]$ — розширена амплітудно-фазова характеристика об'єкту управління; $W_p[(-m+j)\omega]$ — те ж, регулятора.

Запишемо рівняння (1.50) так:

$$W_p[(-m+j)\omega] = -\frac{1}{W_0[(-m+j)\omega]} = \\ = -\frac{1}{Re_0^{(-1)}(m\omega) - jIm_0^{(-1)}(m\omega)}, \quad (1.51)$$

де $Re_0^{(-1)}(m\omega)$ — дійсна обернена складова розширеної амплітудно-фазової характеристики об'єкту управління; $Im_0^{(-1)}(m\omega)$ — уявна обернена складова розширеної амплітудно-фазової характеристики об'єкту управління.

Із рівняння (1.51) запишемо основну систему рівнянь:

$$\begin{cases} Re_p(m_1\omega) = -Re_0^{(-1)}(m_1\omega); \\ Im_p(m_1\omega) = -Im_0^{(-1)}(m_1\omega), \end{cases} \quad (1.52)$$

де $Re_p(m_1\omega)$, $Im_p(m_1\omega)$ — дійсна та уявна складові розширеної амплітудно-фазової характеристики регулятора.

На прикладі пропорційно-інтегрального регулятора розглянемо послідовність розрахунків параметрів його настройки.

Відомо, що розширена амплітудно-фазова характеристика вказаного регулятора має вигляд:

$$W_p[(-m+j)\omega] = K_p \left[1 - \frac{m}{(m^2+1)\omega T_i} - j \frac{1}{(m^2+1)\omega T_i} \right], \quad (1.53)$$

де k_p , T_i — відповідно коефіцієнт передачі та час ізодрому (параметри настройки регулятора).

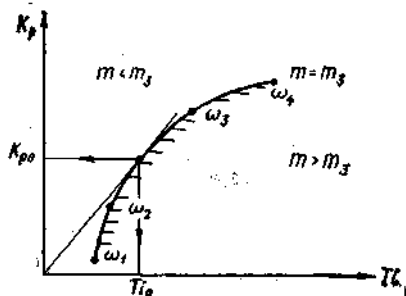
З урахуванням рівнянь (1.52) та (1.53) запишемо:

$$\begin{cases} k_p \left[1 - \frac{m}{(m^2+1)\omega T_i} \right] = -Re_0^{(-1)}(m_1\omega); \\ -\frac{1}{(m^2+1)\omega T_i} = -Im_0^{(-1)}(m_1\omega). \end{cases} \quad (1.54)$$

Остаточно після перетворень отримаємо:

$$\begin{cases} k_p = \frac{mIm_0^{(-1)} - Re_0^{(-1)}}{k_p}; \\ T_i = \frac{k_p}{(m^2+1)\omega Im_0^{(-1)}}. \end{cases} \quad (1.55)$$

Як видно із останньої системи рівнянь (1.55), задаючись чистотою ω , можна знайти відповідні їй значення k_p та T_i .



1.30. Лінія межових співвідношень:

m — задане значення кореневого показника коливальності

Якщо врахувати, що більшість об'єктів сільськогосподарського призначення — це низькочастотні об'єкти, тобто такі, що пропускають лише нижчі гармоніки, то з'являється можливість із множини співвідношень k_p та T_i вибрати оптимальні. Коли критерієм оптимальності служить мінімум середньо-квадратичного відхилення, то це $k_p/T_i \rightarrow \max$. На практиці його знаходять так. У системі координат $k_p - T_i$ наносять лінію межових співвідношень (для заданого m). Ця графічна залежність зображена на рис. 1.30. Співвідношення $\frac{k_p}{T_i} = \max$ знаходять шляхом проведення дотичної до лінії межових співвідношень.

Приклад 1.6. Визначити оптимальні параметри настройки для пропорційно-інтегрального регулятора, якщо

$$m = 0,28, \text{ а } W_0(p) = \frac{1}{10p + 1}$$

Для зазначеного об'єкту $Re_0^{(-1)}(m_1\omega) = -10m\omega + 1$, а $Im_0^{(-1)}(-m_1\omega) = 10\omega$.

Таким чином, систему (1.55) для нашого об'єкту запишемо так:

$$\begin{cases} k_p = m \cdot 10\omega + 10\omega - 1 = 20 \cdot 0,28\omega - 1 = 5,6\omega - 1; \\ T_i = \frac{k_p}{(m^2 + 1) \cdot \omega \cdot 10\omega} = \frac{k_p}{(0,28^2 + 1) \cdot 10\omega^2} = \frac{k_p}{17,8\omega^2} \end{cases}$$

Приймаючи значення частоти від 0 до ∞ , можна розрахувати оптимальні параметри настройки регулятора (табл. 1.18).

Якщо побудувати лінію межових співвідношень, то видно, що оптимальними параметрами настройки можуть бути

1.18. Результати розрахунку параметрів настройки пропорційно-інтегрального регулятора

ω	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,5
k_p	0,12	0,68	1,24	1,8	2,36	2,92	3,48	4,6	7,4
T_i	0,17	0,429	0,44	0,409	0,372	0,339	0,309	0,261	0,187

$k_p = \infty$, а $T_i = 0$. Це означає, що для нашого об'єкту краще було б змінити алгоритм управління на пропорційний.

Позиційний алгоритм управління — найдешевший, але придатний лише для низькочастотних об'єктів, тобто для тих, що пропускають тільки першу гармоніку. На відміну від лінійних алгоритмів позиційний потребує для розрахунків параметрів настройки регуляторів не метод синтезу, а метод аналізу. Широке застосування при цьому отримав метод Гольдфарба, в основі якого лежить метод гармонічної лінеаризації.

Застосування методу гармонічної лінеаризації передбачає деяку нелінійну ланку, що входить до складу системи автоматизації, замінити лінійною, властивості якої характеризуються коефіцієнтами гармонічної лінеаризації:

$$W_n(p) = g_1 + \frac{g_2}{\omega} p, \quad (1.56)$$

де g_1, g_2 — коефіцієнти гармонічної лінеаризації.

Вирази для коефіцієнтів гармонічної лінеаризації деяких типових нелінійних ланок наведено в табл. 1.19.

Розрахунок параметрів настройки полягає в тому, що розробники задаються деякою зоною нечутливості a і розраховують параметри автоколивань, що виникають в системі. Якщо вони відповідають вимогам технологів, то розрахунки на цьому завершують. Якщо ж ні, то беруть інші значення зони нечутливості і так доти, доки не отримують задовільний результат.

Послідовність розрахунків при цьому така.

На основі критерія Найквіста (ми нелінійну ланку замінили лінійною, а тому це можливо) записують:

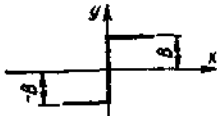
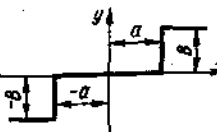
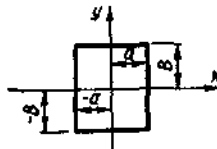
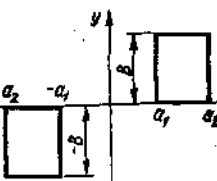
$$W_n(j\omega) W_n(j\omega) = -1, \quad (1.57)$$

де $W_n(j\omega)$, $W_n(j\omega)$ — амплітудно-фазові характеристики лінійної та нелінійної частин системи автоматичного управління. Вираз (1.57) перепишемо:

$$W_n(j\omega) = -\frac{1}{W_n(j\omega)}. \quad (1.58)$$

Параметри автоколивань (амплітуду A та частоту ω) частіше всього знаходять графо-аналітичним методом. Для цього на комплексній площині будують годограф амплітудно-фазової характеристики лінійної частини системи та обернений з від'ємним знаком годограф амплітудно-фазової характеристики нелінійної (рис. 1.31). Точка перетину K дає можливість знайти параметри A та ω .

1.19. Коефіцієнти гармонічної лінеаризації деяких типових нелінійних ланок*

Типова нелінійна ланка	Статична характеристика	Коефіцієнти графічної лінеаризації	
		g_1	g_2
Ідеальна релейна		$\frac{4B}{\pi a}$	0
Релейна із зоною нечутливості.		$\frac{4B}{\pi A} \sqrt{1 - \frac{a^2}{A^2}}$	0
Релейна із гістерезисом		$\frac{4B}{\pi A} \sqrt{1 - \frac{a^2}{A^2}}$	$\frac{4Ba}{\pi A^2}$
Релейна із зоною нечутливості та гістерезисом		$\frac{2B}{\pi A} \left(\sqrt{1 - \frac{a_2^2}{A^2}} + \sqrt{1 - \frac{a_1^2}{A^2}} \right)$	$\frac{2B}{\pi A^2} \times (a_2 - a_1)$

* a — зона нечутливості (параметр настройки регулятора); A — амплітуда автоколивань; $A \geq a$

При побудові оберненої із від'ємним знаком амплітудно-фазової характеристики нелінійної частини системи управління слід пам'ятати, що вона не залежить від частоти:

$$W_n(j\omega) = g_1 + j\omega \frac{\sigma}{\omega} = g_1 + jg_2 \quad (1.59)$$

Тому її будуть, змінюючи A від a до ∞ .

Можливість застосування методу Гольдфарба перевіряють за амплітудно-частотною характеристикою лінійної частини системи. Якщо (рис. 1.32)

$$\frac{A(\omega^*)}{A(3\omega^*)} > 10, \quad (1.60)$$

то вказаний метод може бути використаний. При цьому ω^* — частота автоколивань; $A(\omega^*)$ — амплітуда автоколивань при частоті ω^* .

П р и к л а д 1.6. Для системи автоматичного управління лінійна її частина має передаточну функцію:

$$W_n(p) = \frac{0,8e^{-25p}}{290p + 1}.$$

Статична характеристика її нелінійної частини наведена в табл. 1.19. Позиція 3 має такі параметри $B=110$, $\alpha=3$. Необхідно визначити параметри автоколивань.

Для побудови амплітудно-фазової характеристики замінимо $p \rightarrow j\omega$, виділимо дійсну та уявну її складові:

$$W_n(j\omega) = \frac{0,8e^{-j\omega 25}}{1 + j230\omega} =$$

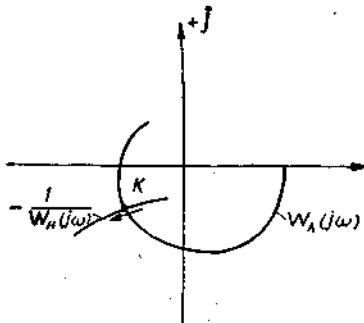
$$= \frac{0,8(\cos 25\omega - j \sin 25\omega)}{(1 + j230\omega)(1 - j230\omega)} = Re(\omega) + jIm(\omega);$$

$$Re(\omega) = \frac{0,8 \cos 25\omega - 184\omega \sin 25\omega}{1 + 52900\omega^2}; \quad (1.61)$$

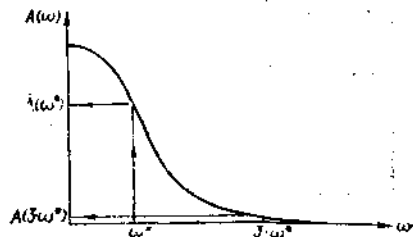
$$Im(\omega) = \frac{184\omega \cos 25\omega + 0,8 \sin 25\omega}{1 + 52900\omega^2}. \quad (1.62)$$

Результати розрахунків за (1.61) та (1.62) розміщені в табл. 1.20.

Годограф оберненої амплітудно-фазової характеристики нелінійної частини розраховується за виразами (1.58), (1.59) та матеріалами табл. 1.19:



1.31. Визначення параметрів автоколивань



1.32. Визначення можливості застосування методу Гольдфарба

1.20. Результати розрахунків амплітудно-фазової характеристики лінійної частоти об'єкта

ω	0,001	0,004	0,008	0,05	0,1	0,3	0,4	0,8
$Re(\omega)$	0,76	0,43	0,18	0,005	0	-0,0013	-0,0014	0,0015
$Im(\omega)$	-0,177	-0,39	-0,27	-0,069	-0,039	-0,022	-0,008	-0,004

$$\frac{1}{W_n(j\omega)} = -\frac{1}{W(jA)} = -\frac{\pi}{4B} \sqrt{A^2 - B^2} - j \frac{\pi a}{4B} =$$

$$= -\frac{\pi}{4 \cdot 110} \sqrt{A^2 - 9} - j \frac{\pi \cdot 3}{4 \cdot 110} = -0,007 \sqrt{A^2 - 9} - j 0,02. \quad (1.63)$$

З рівняння (1.63) видно, що це має бути лінія паралельна дійсній осі на комплексній площині.

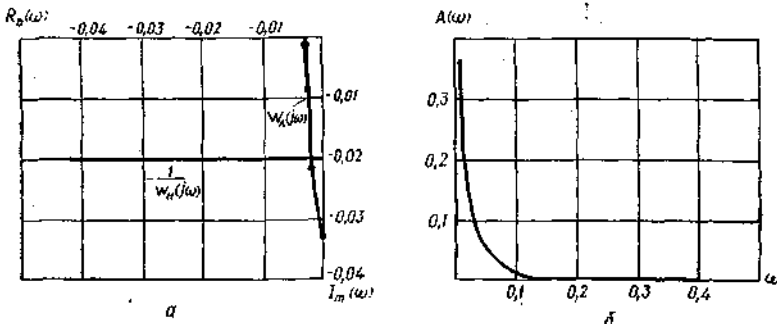
Зазначені годографи побудовані на рис. 1.33. Точка їх перетину дозволяє стверджувати, що в системі існують сталі автоколивання, а координати цієї точки дозволяють встановити їх параметри: $\omega^* = 0,05$, а $A(\omega^*) = 0,069$. Амплітудно-частотна характеристика (рис. 1.33, б) дає можливість встановити, що

$$\frac{A(3\omega^*)}{A(\omega^*)} = 0,07 < 0,1.$$

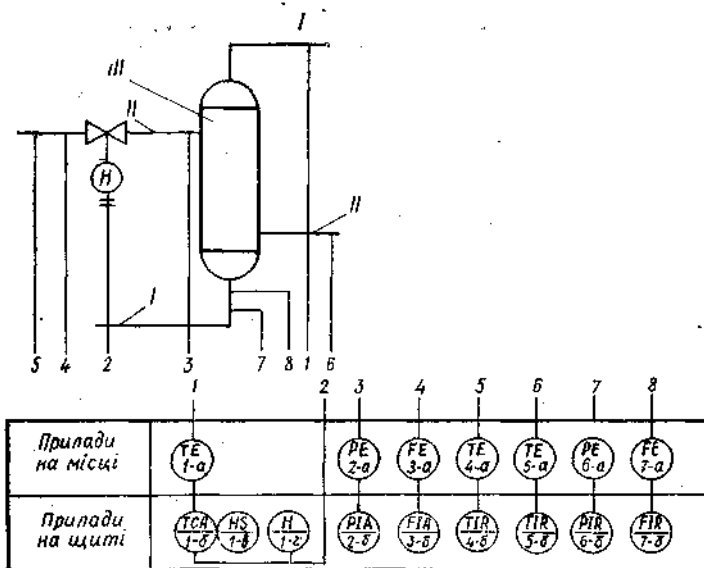
Тобто, методом Гольдфарба можна скористатись для визначення параметрів автоколивань.

1.5. ТИПОВІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

У сільськогосподарському виробництві типовими об'єктами автоматизації є: теплообмінні пристрої; об'єкти, які здійснюють лінійне та кругове переміщення; резервуари,



1.33. Годографи до прикладу 1.6(а) та амплітудно-частотна характеристика лінійної частини системи (б)

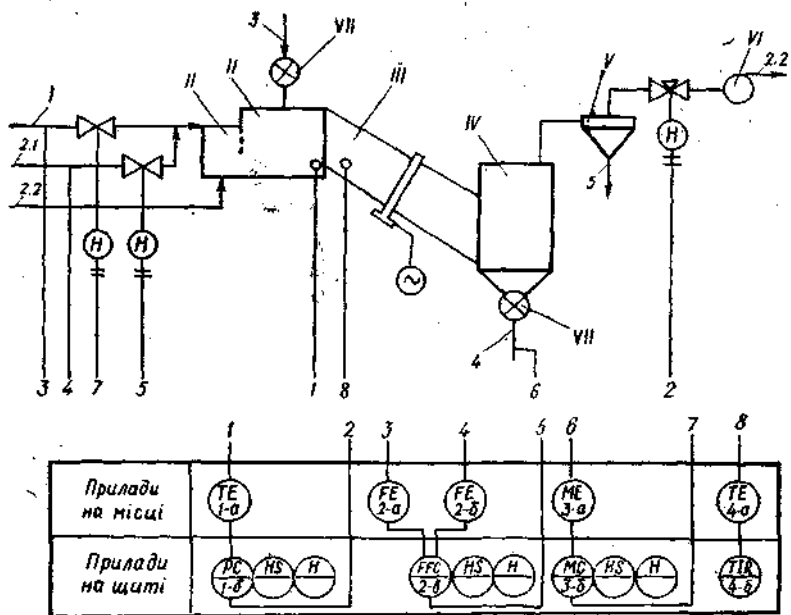


1.34. Схема автоматизації поверхневого кожухо-трубного теплообмінника:

I — холодний теплоносій; II — гарячий теплоносій; III — теплообмінник

що наповнюються сипкими матеріалами або рідинами; сировина, що зволожується або висушується тощо. На прикладах деяких із них розглянемо типові рішення автоматизації технологічних процесів.

Нагрівання та охолодження рідин — це один із найпоширеніших технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Розглянемо побудову схеми автоматизації на прикладі поверхневого кожухотрубного теплообмінника (рис. 1.34). Для теплообмінника параметром, яким необхідно управляти, буде температура холодного теплоносія I на виході об'єкта управління. Передбачається створити систему автоматичного регулювання (комплект обладнання 1), яка складається із первинного перетворювача температури, регулятора температури з сигналізацією та перемикачем режимів, дистанційного пульта управління та виконавчого однооборотного механізму. Температура буде змінюватись за рахунок зміни витрати гарячого теплоносія II. Для гарячого теплоносія необхідно забезпечити вимірювання та сигналізацію тиску (комплект обладнання 2); контроль та сигналізацію витрати (комплект обладнання 3), контроль та реєстрацію температури (комплект обладнання 4, 5). Для холодного теплоносія забезпечується вимірюван-

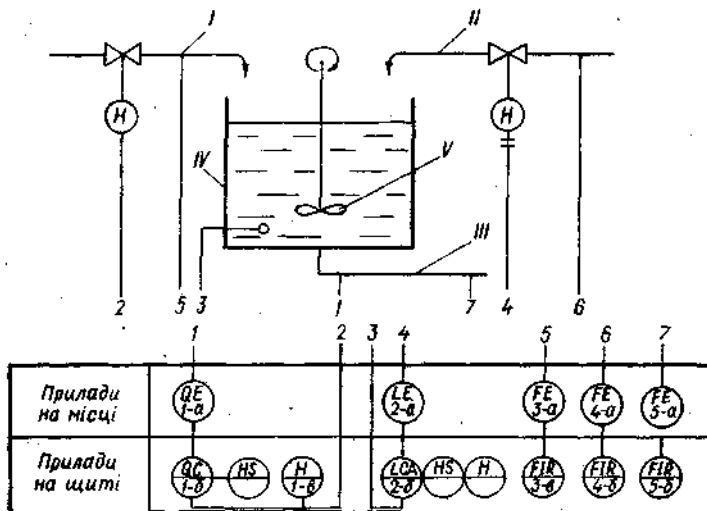


1.35. Схема автоматизації сушіння сипких матеріалів у барабанній сушарці:

I — топка; II — змішувальна камера; III — барабан; IV — бункер; V — циклон; VI — вентилятор; VII — дозатори

ня та реєстрація тиску та витрати (комплекти обладнання 6, 7).

Сушіння сипких матеріалів здійснюється, як правило, в барабанних або шахтних сушарках. У найпоширеніших барабанних технологічний процес здійснюється таким чином (рис. 1.35). Вологий матеріал надходить у змішувальну камеру II через дозатор VII. У топку подається паливо та первинне повітря. Барабан сушарки III постійно обертається, а матеріал, що сушиться, рухається зверху вниз до бункера IV. Через дозатор VII із нагромаджувального бункера висушений матеріал подається споживачу (у склад, тару). Відпрацьований сушильний агент через циклон V вентилятором VI викидається в атмосферу або подається знову в топку. Для описаного об'єкта в першу чергу слід забезпечити потрібну вологість матеріалу, що підлягає сушінню. Забезпечує це система автоматичного управління (комплект обладнання 3), яка відповідно до обставин змінює витрати палива. Враховуючи, що між витратами палива та первинного повітря повинне бути певне співвідно-



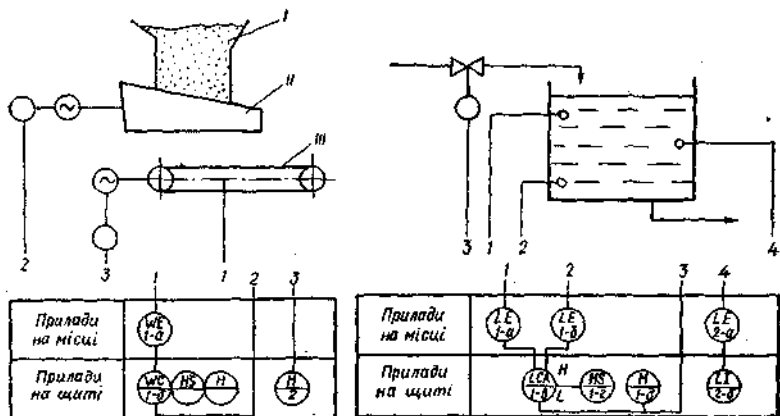
1.36. Схема автоматизації змішування рідини:

I — рідина А; II — рідина В; III — суміш АВ; IV — резервуар; V — мішалка

шення, треба встановити комплект обладнання 2, який цю роботу буде виконувати в автоматичному режимі. Тиск у камері змішування забезпечиться комплектом 1, а контроль та реєстрація температури у барабані сушарки здійснюватиметься комплектом обладнання 4. Кожна із названих систем автоматизації зможе функціонувати як в автоматичному, так і в ручному режимах.

Змішування рідин досить розповсюджений технологічний процес (наприклад, на свинокомплексах). Він передбачає наявність резервуара IV (рис. 1.36) з механічною мішалкою V. Система автоматичного управління повинна забезпечити на виході резервуара певну концентрацію суміші АВ за рахунок зміни витрати рідини А. Це досягається використанням комплекта обладнання 1 (автоматичний та ручний режими). Рівень суміші в резервуарі забезпечується зміною витрати рідини В (комплект обладнання 2). У цій системі також передбачені ручний та автоматичний режими роботи. Крім того, для об'єкта, що розглядається, потрібно вести незалежні спостереження, та реєстрацію витрат рідин А, В та суміші АВ. Для цього застосовують комплекти обладнання 3, 4, 5.

Дозування стрічковим дозатором полягає в тому, що на вантажний транспортер III (рис. 1.37) із бункера I через дозатор II надходить сипкий матеріал. Дозатор приводиться в дію виконавчим механізмом (наприклад, дви-



1.37. Схема автоматизації дозування сипких матеріалів:

I — бункер; II — дозатор; III — стрічковий транспортер

1.38. Схема автоматизації стабілізації рівня рідини в резервуарі

гуном постійного струму), яким керує регулятор маси. На регулятор в свою чергу надходить сигнал від датчика маси, що контролює завантаженість транспортера (комплект обладнання 1). Двигуном цього транспортера керують кнопочним постом (комплект 2).

Стабілізація рівня рідини необхідна в багатьох технологічних процесах. Вона забезпечується (рис. 1.38) за рахунок зміни витрати рідини, що надходить до резервуара. Комплект обладнання 1 контролює при цьому верхній та нижній рівні. Передбачається також, як правило, незалежний канал вимірювання рівня (комплект 2).

Контрольні запитання

1. Які схеми використовуються в проектах автоматизації? 2. Наведіть умовні графічні позначення в схемах автоматизації. 3. Які принципи використовуються в умовному літерному позначенні в схемах автоматизації? 4. Назвіть основні правила побудови принципових електричних схем. 5. У чому полягають переваги адресного способу зображення схем з'єднань порівняно із графічним? 6. Яка послідовність побудови аналітичної моделі об'єкту за методом А. Стодоли? 7. Наведіть можливі структури передаточних функцій об'єктів керування за методом Н. Сімою. 8. На основі чого приймається рішення про вибір алгоритму управління об'єктом автоматизації? 9. Яка послідовність вибору алгоритму управління за динамічним коефіцієнтом регулювання? 10. Як можна розрахувати оптимальні параметри настройки регулятора за розширеними амплітудно-фазовими характеристиками? 11. Наведіть послідовність визначення параметрів автоколевань за методом Гольдфарба. 12. Які типові технологічні процеси сільськогосподарського виробництва ви знаєте? Наведіть їх схеми автоматизації.

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РІЛЬНИЦТВІ

2.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Рільництво — це галузь сільського господарства, яка передбачає здійснення виробничих процесів по вирощуванню та збиранню, первинній переробці та зберіганню всіх сільськогосподарських польових культур. Кожне з виробництв складається з кількох технологічних процесів, які відтворюються сотнями машин та знарядь. Виробничі процеси по вирощуванню та збиранню польових культур здійснюються мобільними сільськогосподарськими агрегатами і включають технологічні процеси підготовки ґрунту, висіву насіння, догляду за рослинами та збиранню врожаю. Переробку та зберігання продукції забезпечують стаціонарні агрегати, які реалізують такі технологічні процеси, як її очищення та сортування, сушіння або консервування та далі зберігання в спеціалізованих сховищах.

Рівень механізації процесів, що виконуються мобільними агрегатами, досить високий і для процесів виробництва зернових культур сягає майже 100 %. При цьому рівень автоматизації цих процесів низький і для найдовіреніших процесів не перевищує 20 %. Тому саме підвищення рівня автоматизації цих процесів дозволяє підвищувати продуктивність праці агрегатів, поліпшувати якість сільськогосподарської продукції та зменшувати витрати на її виробництво.

За даними ІМЕСГ УААН, автоматизація мобільних агрегатів сприяє підвищенню продуктивності праці до 30 %, зниженню втрат продукції до 5 % та витрати палива до 14 %. При цьому значно поліпшується якість продукції та полегшуються умови праці механізаторів.

Післязбиральна обробка сільськогосподарської продукції — один з найбільш трудомістких процесів сільськогосподарського виробництва. Для багатьох видів продукції вона здійснюється із значними затратами ручної праці. При виробництві зерна — основної продукції рільництва — технологія його обробки характеризується комплексною механізацією всіх процесів і операцій. Впровадження поточних технологій обробки зерна призвело до зниження затрат праці, але при цьому значно ускладнилися процеси управління такими агрегатами. Ці ускладнення обумовлені, з одного боку, значною кількістю зернообробних машин, якими треба керувати, та, з другого боку, дією чимельних збурень, що впливають на ефективність роботи

машин. Продуктивність праці машин, встановлених у потоці, становить 60—70 % їх номінального значення.

Підвищення рівня автоматизації процесів післязбиральної обробки зерна сприятиме підвищенню продуктивності потокових ліній, подальшому зниженню затрат праці та поліпшенню обробки зерна.

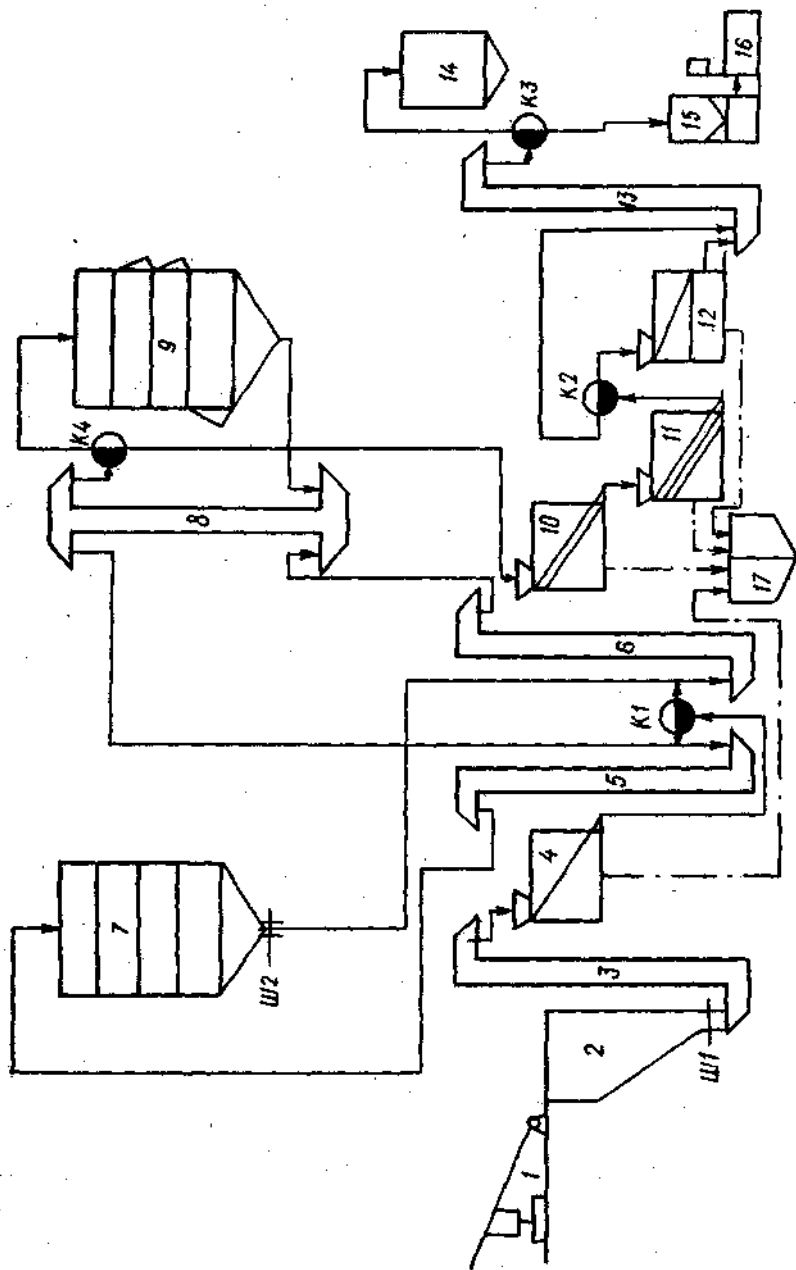
2.2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗЕРНОПУНКТІВ

Технологія післязбиральної обробки насінневого, продовольчого та фуражного зерна на зернопунктах складається з таких операцій: зважування вихідного матеріалу, його розвантажування, попереднього очищення, сушіння, первинного та вторинного очищення, сортування, транспортування зерна і відходів й, нарешті, тривалого зберігання зерна в бункерах.

На типовому пункті для післязбиральної обробки зерно, що подається для обробки з машин за допомогою автомобілепідйомника 1 (рис. 2.1), надходить у завальну яму 2, звідки норією 3 подається в машину попереднього очищення 4. Норія 5 залежно від вологості зерна може подати його в бункери для активного вентилявання 7 або в сушарку 9 через норії 6 і 8, або безпосередньо в машину вторинного очищення 10, з якої — в триєр 11. У схемі передбачене багаторазове сушіння зерна в сушарці або бункерах активного вентилявання. Після триєру зерно може бути подане на сортувальний пневматичний стіл, після чого залежно від потреб норією 13 подається в бункер чистого зерна або на автоматичне порціонне зважування 15 та мішкозашивальну машину 16. Відходи подають до бункера 17.

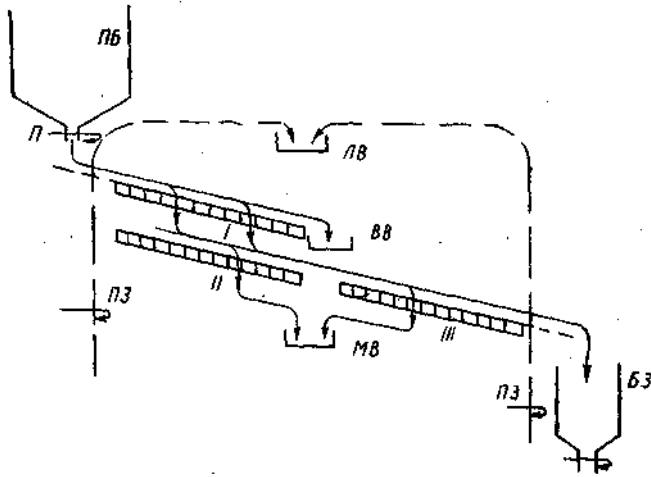
Для реалізації попереднього технологічного процесу обробки зерна застосовують агрегати і комплекси: в сухих зонах — зерноочисні агрегати типу ЗАВ (ЗАВ-20, ЗАВ-40 та перспективні ЗАВ-25, ЗАВ-50), у вологих зонах — зерноочисні-сушильні комплекси типу КЗС (КЗС-20ШШ, КЗС-40 та перспективні КЗС-25Ш, КЗС-25Б, КЗС-50).

Очищення зернової маси в потоці відбувається за допомогою послідовного виконання процесів сепарації. Існує попереднє та кінцеве (первинне і вторинне) очищення. Попереднє очищення передбачає видалення із зернової кули великих та легких домішок. Кінцеве очищення дозволяє довести зерно до базових кондицій. Сортова чистота насінневого зерна, що висівається на великих площах, повинна бути не нижча 95 %. При цьому наявність зернових домішок не повинна перевищувати 3 %, а мінеральних 1 %, порушених зерен має бути не більше 1 %.



2.1. Технологічна схема типового пункту для післязбиральної обробки зерна:

1 — прийомний бункер; 2 — авалана зма; 3, 5, 6, 8, 13 — порі; 4 — машина попереднього очищення; 7 — машина попереднього очищення; 9 — машина попереднього очищення; 10 — машина попереднього очищення; 11, 12 — аспіратори; 15 — машина попереднього очищення; 14 — бункер активного вугілля; 16 — ваговий пристрій.



2.2. Функціональна схема повітряно-решітної машини для зерноочищення:

ПБ — приймальний бункер; П — підживлювач; I, II, III — решета; ПЗ — повітряні заслінки; ЛВ — приймач легких відходів; ВВ — приймач великих відходів; МВ — приймач малих відходів; БЗ — бункер зерна

Агрегати і комплекси для очищення зерна складаються з повітряно-решітних машин, трієрів та пневмостолів. На повітряно-решітних машинах виконують попереднє, первинне і вторинне очищення. Трієри та пневмостоли застосовуються для доведення продукції до певної кондиції, на трієрах відбувається розділ по довжині зерен, а на пневмостолах — за питомою вагою.

Спрощена функціональна схема повітряно-решітної зерноочисної машини зображена на рис. 2.2.

Зернова маса з бункера ПБ за допомогою підживлювача П подається у повітряний канал першої операції, де з маси відокремлюються легкі домішки, які потрапляють до приймача ЛВ. Після чого зернова маса надходить на решітний сепаратор, який складається з трьох решіт I, II, III, нахилених під деяким кутом до горизонту, що приводяться в коливальний рух за допомогою електропривода. Верхнє решето є прохідним, через яке зерно основної культури просівається, а великі домішки проходять зверху і потрапляють у приймач ВВ. Нижні решета відокремлюють від потоку дрібні домішки, а основне зерно проходить через канал другої повітряної аспірації, де повітря вносить дрібні, легкі домішки, і потрапляє в бункер чистого зерна.

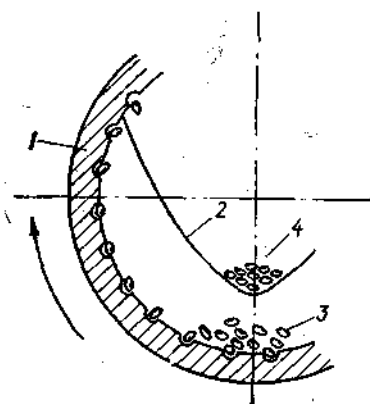
Як бачимо, для регулювання процесу очищення застосовується підживлювач П, який може змінювати подачу зер-

на в машину та заслінки 113, які змінюють швидкість руху повітря в каналах аспірації.

За довжиною зерно проходить очищення на циліндричному трієрному обладнанні. Зернова маса розділяється чарунковою поверхнею циліндрів. На внутрішній поверхні робочого циліндра 1 (рис. 2.3) розташовані чарунки. Циліндр встановлений горизонтально, або під кутом $1,5^\circ$ і весь час обертається. В середині циліндра розташований жолоб. Короткі зерна 4, що западають у чарунки при обертанні циліндра, потрапляють у жолоб 2, виводяться зовні за допомогою шнеку. Довгі зерна 3 сходять з циліндра при його обертанні.

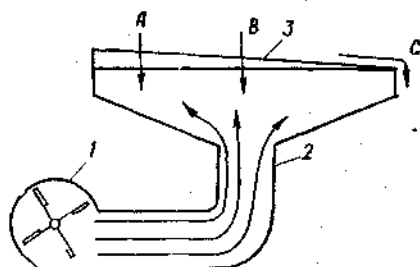
Регулювання процесу в трієрах може відбуватися тільки зміною подачі зернової маси в трієр.

Для розподілу насіння за питомою вагою застосовують пневматичні сортувальні столи (рис. 2.4). Зернова маса надходить на решітну деку з натягнутою полотняною тканиною або металевим листом з круглими отворами діаметром $0,5-0,6$ мм, встановлену під деяким кутом до горизонту. Дека здійснює коливальні рухи, одночасно розташований на ній шар зернової маси продувається знизу повітряним потоком, що приводить частинки матеріалу у виважений стан. При цьому тяжіння між частинками зникає і вони з найменшою питомою масою сливаються на поверхню шару, а з найбільшою — опускаються. Кожна з розподілених фракцій приймається відповідним приймальним пристроєм у призначеному місці.



2.3. Розділення насіння на трієрах:

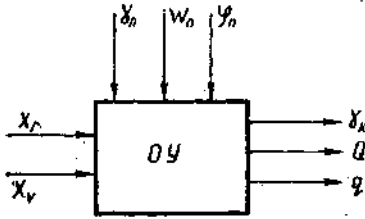
1 — циліндр; 2 — жолоб; 3 — довгі зерна; 4 — короткі зерна



2.4. Розділення насіння за питомою вагою на пневматичному сортувальному столі:

1 — вентилятор; 2 — повітропрівід; 3 — дека з полотняною тканиною; А — частинки з найменшою питомою вагою; В — легкі частинки; С — частинки з найбільшою питомою вагою

2.5. Функціональна схема машини для очищення зерна



Якість процесу очищення можна регулювати за допомогою зміни подачі маси на деку. Кожна із зерноочисних машин є об'єктом керування (рис.

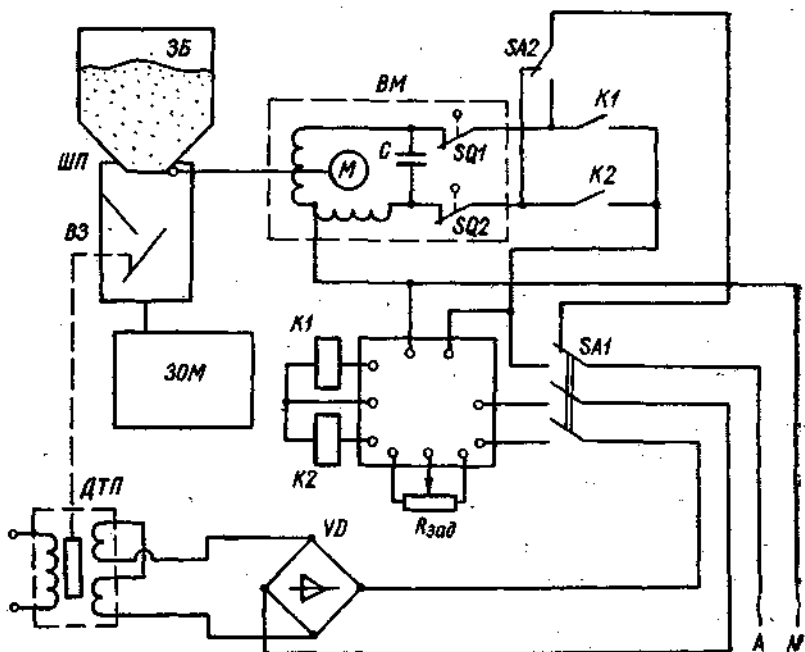
2.5). Основними вхідними параметрами об'єкта керування слід вважати чистоту зерна γ_n , продуктивність машини Q , наявність повноцінного зерна у відходах q . Можуть бути й інші параметри технічного ефекту очищення (наприклад, коефіцієнт повноти розподілу зерна). До збурень, що діють на об'єкт належать: початкова чистота зерна γ_n , його вологість W_n , щільність зернової маси φ_n .

Основною керівною дією є зміна подачі зерна в машину x_n , а в повітряно-решітних зерноочисних машинах, крім того, швидкість повітря в аспіраційних каналах x_p .

Керуючими параметрами є частота і амплітуда коливань решіток та їх кут нахилу. Але в зерноочисних машинах передбачена зміна частоти коливань тільки при зупинці машини, амплітуда та кут нахилу взагалі не регулюються.

При управлінні процесом очищення природньо вимагати від системи управління максимальної продуктивності машини, з дотриманням певної чистоти зерна та обмеженим виходом повноцінного зерна у відходи. Ця мета досягається при стабілізації чистоти зерна на заданому рівні $\gamma_{вих} = \gamma_{зад}$ [1]. Для реалізації такого алгоритму функціонування об'єкту управління застосовуються системи, які реалізують релейний та неперервний алгоритм управління.

Розглянемо неперервний регулятор завантаження зерноочисної машини (рис. 2.6). Регулятор складається з лоткового витратоміра зерна ВЗ з диференційно-трансформаторним перетворювачем ДТП, регулюючого приладу РП, двох проміжних реле К1 і К2, виконавчого механізму ВМ, який діє на шибєрний пристрій ШП, завантажувального бункера ЗБ. Процес регулювання здійснюється так. Потік зерна, що проходить з бункера ЗБ через отвір шибєра ШП і витратоміра ВЗ в машину ЗОМ, переміщує підпружинений лоток витратоміра. Це переміщення перетворюється датчиком ДТП в електричний сигнал змінного струму. Потім після випрямляча струм надходить на вхід регулятора РП, де порівнюється із заданим значенням витрат зерна. Якщо поточне значення завантаження більше або менше

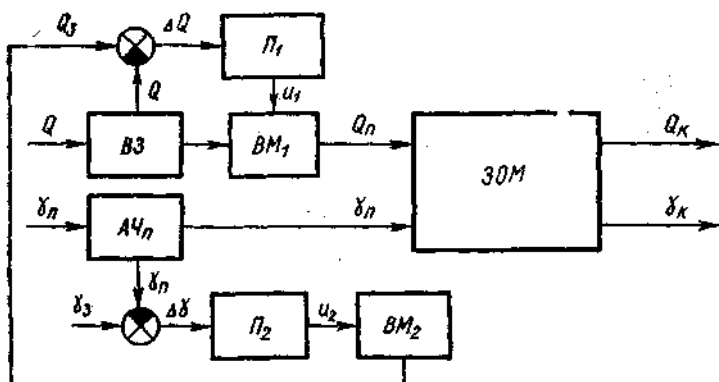


2.6. Принципова схема системи автоматичного регулювання завантаження зерноочисної машини:

ЗБ — завантажувальний бункер; ВЗ — вивантажувач зерна; ЗОМ — зерноочисна машина; ДТП — диференціально-трансформаторний перетворювач; РП — регулюючий прилад; ВМ — виконавчий механізм; SA1, SA2 — перемикачі

заданого, що перевищує зону нечутливості регулятора, то спрацьовують реле $K1$ або $K2$, вмикається двигун виконавчого механізму $ВМ$, який переміщує заслонку шибера до того моменту, поки подача зерна не буде відповідати заданому значенню. В системі передбачена можливість дистанційного ручного управління шибером за допомогою перемикача $SA2$ при відключеному регуляторі, що здійснюється перемикачем $SA1$.

Подана схема управління не може бути досконалою, тому що не враховує змінності вологості й чистоти зерна, яке подається в машину. Відомо, що при наявності більш вологого зерна або зерна з меншою чистотою подача його в машину повинна зменшуватись. Тільки в цьому випадку показники якості очищення можна утримати на заданому рівні. Для врахування збурень по вологості й чистоті зерна в управлінні процесом очищення розроблені більш досконалі системи.

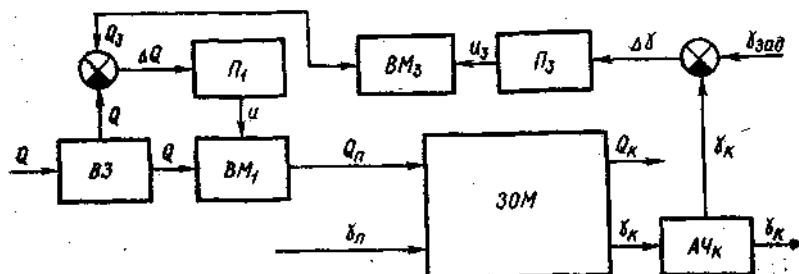


2.7. Функціональна схема автоматичної системи регулювання подачі зерна з урахуванням його початкової чистоти:

ЗОМ — зерноочисна машина; ВТ — витратомір зерна; П1, П2 — підсилювачі; АЧ — аналізатор чистоти зерна; ВМ1, ВМ2 — виконавчі механізми

Розглянемо систему управління, в якій завантаження машини вибирається залежно від чистоти зерна, що подається на очищення. Функціональна схема такої системи зображена на рис. 2.7. За допомогою аналізатора чистоти початкового зерна АЧ₁ періодично визначається чистота зерна. Це значення порівнюється із заданим і сигнал від порівнюючого елемента через підсилювач П₂ подається на виконавчий механізм ВМ₂, який змінює уставку задаючого елемента системи управління подачею зернової маси в машину. Досконалішою є система управління подачею маси в машину при коригуванні подачі за допомогою аналізатора чистоти зерна після його очищення (рис. 2.8).

Принцип дії підсистеми визначення чистоти зерна такий. За допомогою пробовідбірника потік зерна надходить на



2.8. Функціональна схема автоматичної системи регулювання подачі зерна з урахуванням його кінцевої чистоти

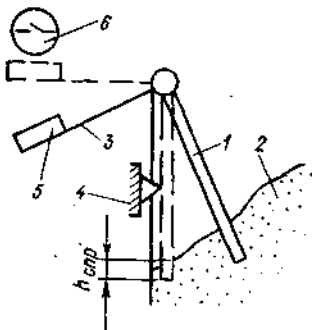
ваговимірювач проб. При досягненні пробою певної маси відбірник виключається та включається сепаратор. Після закінчення заданого часу сепарації проба знову зважується і порівнюється з пробою кондиційного зерна. Залежно від різниці маси проб приводиться в дію кроковий двигун, який змінює положення задатчика регулятора завантаження.

Крім вказаних систем автоматичного управління на заготівельних підприємствах, до яких входять машини для очищення зерна, широко застосовують різні автоматичні пристрої для систем контролю.

Рівень зерна в бункерах контролюють за допомогою датчиків рівня різних модифікацій. Для вимірювання рівня у великих місткостях (на елеваторах) застосовуються мембранні датчики типу МДУ-3, ДУМ-100К та СУМ-IV2. Датчики типу МДУ обладнані мембраною з прогумованої тканини, закріпленої на корпусі. Тиск зерна, що сприймається мембраною, передається через металеву пластинчасту пружину на кнопку мікрровимикача. В датчиках СУМ-IV2 пластинчаста пружина замінена спіраллю, натяг якої регулюється гвинтом. Ці датчики мають значні похибки вимірювання, які у деяких випадках досягають 6—7 см, тому їх застосовують лише для грубого контролю рівня зерна у великих місткостях.

У зв'язку із недоліками цих датчиків дослідні зразки агрегатів ЗАВ та КЗС оснащені електронними сигналізаторами рівня типу СУС-11. Сигналізатор такого типу складається з первинного перетворювача ППЕ-1 і вторинного блока ВС-1. Чутливим елементом перетворювача служить електричний конденсатор, ємність якого змінюється при дотику зернової маси. Така зміна ємності призводить до спрацювання вихідного реле вторинного блока. При експлуатації сигналізатора необхідно проводити настройку на параметри матеріалу, що контролюється, основними з яких є діелектрична проникність. Відносне значення цього показника в зерновій масі залежно від її вологості змінюється в широких межах (від 2 до 10), що обумовлює на практиці проведення періодичної підстройки приладу. Незважаючи на високу точність вимірювання рівня $\sim 0,5$ см необхідні часті підстройки сигналізаторів. Наявність неспрацювань, висока вартість не дозволили приладу СУС-11 знайти широке застосування в агрегатах і комплексах по обробітку зерна.

У прапорцевого датчика всі зазначені недоліки зведені до мінімуму (рис. 2.9). Принцип його дії ґрунтується на кутовому переміщенні шарнірно-підвішеної пластини (пра-



2.9. Схема пралорцевого датчика рівня зерна:

1 — пралорець; 2 — зернова маса; 3 — кронштейн; 4 — підпірка; 5 — магніт; 6 — геркон

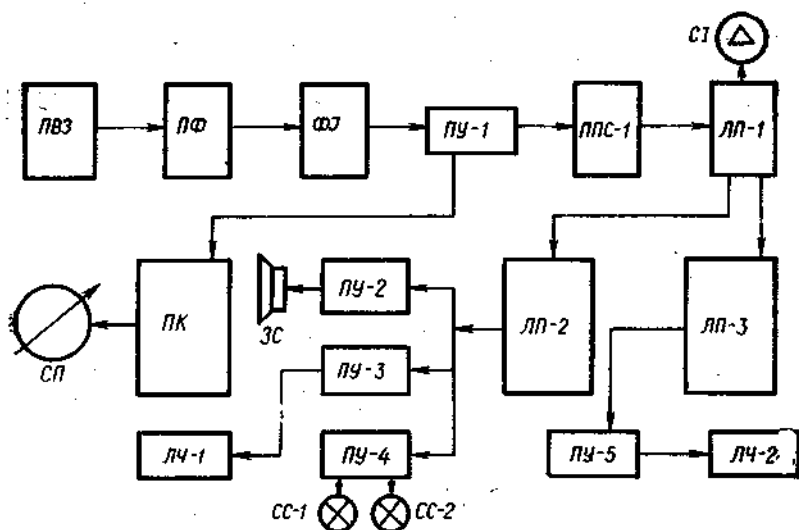
порця) під дією зернової маси 2 та закріпленого на кронштейні 3 постійного магніту на геркон 6. На практиці виникають складності з вибором місця встановлення датчика. Очевидно, що воно залежить від розташування жолоба, по якому стікає зерно, діаметра бункера та кута природного

укусу зерна. Вираз для Y_d має вигляд:

$$Y_d = 0,5D_b \operatorname{tg} \alpha_{\max} - h_c + \Delta_d,$$

де Y_d — відстань між поверхнею бункера та місцем встановлення датчика; D_b — діаметр бункера; α_{\max} — максимальний кут природного укусу; h_c — висота встановлення самопливу над бункером; Δ_d — похибка вимірювання датчика, (для пшениці — 23—38°; ячменю — 28—45°; вівса — 31—54°).

Для вимірювання втрат зерна в машинах попереднього очищення розроблений індикатор ІВЗ-А. Індикатор є чотирьохканальним приладом і дозволяє вимірювати втрати зерна в каналах великих та легких відходів у двох машинах попереднього очищення (рис. 2.10). Сприймаючим елементом кожного каналу є перетворювач ППЗ-03, який складається з текстолітової мембрани з наклеєними знизу трьома п'єзокерамічними елементами, з'єднаними між собою послідовно. Мембрана для захисту від механічних пошкоджень наклеєна на віброізоляційний піноеласт, який закріплюється до металічного корпусу. При ударі зерна в мембрану на обкладінках п'єзоелементів виникає швидко затухаючий електричний сигнал. Його амплітуда і тривалість залежать від сили удару, що дозволяє фіксувати удари зерна та не реагувати на удари полови або соломи. Сигнали з первинного перетворювача надходять на вхід смугового фільтр ПФ, а звідти на формувач імпульсів ФІ. Сформовані по амплітуді і тривалості сигнали через узгоджуючі підсилювачі ПУ-1 подаються на вхід підсилювачів постійного струму ППС-1 і перемикач каналів П, а з останнього на стрілковий прилад СП. При встановленні ручки потенціометра «діапазон» в положення міні кожній подільці шкали приладу відповідає частота вхідного сигналу 0,2 Гц, а при повному відхиленні стрілки приладу — 10 Гц.

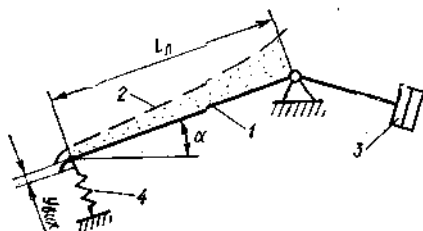


2.10. Функціональна схема блоку контролю й сигналізації індикатора втрат зерна:

ПВЗ — первинний перетворювач втрат зерна; ПФ — смуговий фільтр; ФІ — Формувач імпульсів; ПУ-1...ПУ-5 — узгоджувальні підсилювачі; ППС-1 — підсилювач постійного струму; ЛП-1...ЛП-3 — логічні пристрої; ПК — перемикач каналів; ЛЧ-1, ЛЧ-2 — лічильники часу; СИ — світловий індикатор; ЗС — звукова сигналізація; СИ — стрілковий прилад; СС-1, СС-2 — світлові сигналізатори

При встановленні ручки потенціометра в положення максимального відхилення стрілки відповідає вже 100 Гц. Логічний пристрій ЛП-1 керує світловим індикатором СИ, а також логічними пристроями ЛП-2 та ЛП-3, які в свою чергу керують включенням світлових сигналізаторів «не норма» СС-1 та «норма» СС-2, звукового сигналізатора ЗС, а також лічильників «загальний час роботи» СЧ-1 і «час роботи в режимі норма» СЧ-2. При значеннях стрілкового приладу, що перевищують на 10 % верхню межу шкали хоча б в одному з каналів, пристрій ЛП-2 включає лічильник СЧ-1. При значеннях стрілкового приладу, що дорівнюють 10—80 % верхньої межі шкали у всіх каналах ЛП-3 включає лічильник СЧ-2. Коли хоча б в одному каналі включений сигналізатор СС-1, пристрій ЛП-2 відключає сигналізатор СС-2 і включає звукову сигналізацію ЗС. При цьому відключається лічильник СЧ-2 і включається червоний сигналізатор СИ, що вказує на перевищення заданого значення втрат зерна в каналі контролю.

Для оперативного вимірювання масових витрат сипких матеріалів застосовують лоткові витратоміри зерна. Принцип дії такого витратоміра оснований на вимірюванні зу-



2.11. Схема лоткового витратоміра зерна:

1 — лоток; 2 — зернова маса; 3 — протягач; 4 — пружний елемент

силь, що діють на вимірювальний лоток залежно від маси зернового потоку, що проходить по лотку, і подальшому перетворенню цих зусиль спочатку в переміщення, а потім в електричний сигнал.

Схема чутливого елемента лоткового витратоміра зображена на рис. 2.11. Зернова маса 2 лине по нахиленому під кутом α лотку 1 довжиною L_1 , який одним кінцем закріплений на шарнірі, а другим опирається на пружний елемент 4. Залежно від наявності шару зерна на лотку змінюється значення переміщення $Y_{внх}$, яке перетворюється на електричний сигнал. Комплект витратоміра такого типу РЗ-50, що використовується на агрегатах ЗАВ-50 та КЗС-50 складається з подібного чутливого елемента лоткового типу та вторинного перетворювача, який будується на основі диференційно-трансформаторного датчика.

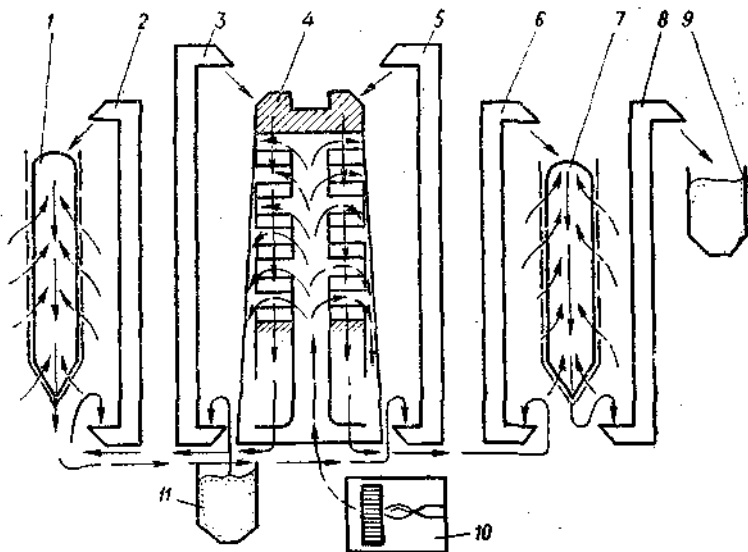
Технічні дані витратоміра РЗ-50

Діапазон вимірювання витрат зерна	12—60 т/год
Відносна похибка вимірювань	5 %
Напруга живлення змінного струму	220 В
Споживана потужність	50 ВА
Габарити чутливого елемента	450×450×750 мм
Маса чутливого елемента	45 кг

Дослід використання лоткових витратомірів показав, що похибка вимірів витрат залежить від багатьох факторів: місця встановлення, швидкості плинущ зерна, виду зерна та інших. Тому для надійного поточного контролю необхідно в кожному випадку провести попереднє градування витратоміра.

2.3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗЕРНОСУШАРОК

Для сушіння зерна після його збирання та попереднього очищення застосовують барабанні, шахтні зерносушарки та обладнання активного вентилявання. В барабанних сушарках неможливо витримати задані режими сушіння як продовольчого, так, особливо, насінневого зерна. Обладнання активного вентилявання має досить невисоку продуктивність і поки що відіграють допоміжну роль. То-



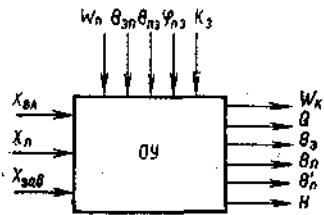
2.12. Технологічна схема сушарки СЗШ-16:

1, 7 — охолодники; 2, 3, 5, 6, 8 — норії; 4 — зерносушарка; 9 — зерносховище;
10 — теплогенератор; 11 — завантажувальний бункер; → — зерно, — → агент сушіння

му для сушіння зерна найбільше застосовують шахтні сушарки безперервної дії: типів Т662, Т663 фірми «Пектус» (Німеччина) та вітчизняні сушарки типу СЗШ-16, що входять до комплексів КЗС-20Ш.

Технологічна схема зерносушарки СЗШ-16 зображена на рис. 2.12. Зерно із завантажувального бункера 1 надходить до норії 3, яка подає вологе зерно до сушарки. Сушарка складається з двох паралельних шахт з жалюзьями. Вологе зерно переходить спочатку по правій шахті, де висушується за допомогою агенту сушіння, який поступає з теплогенератора 10. Просушене в правій шахті зерно за допомогою норії 2 поступає в охолодник 1, де продувається зовнішнім повітрям і охолоджується. Після охолодження відбувається другий прохід зерна через сушарку по лівій шахті, охолоднику 7 за допомогою норій 5 і 6. Висушене зерно норією 8 подається до зерносховища 9.

Шахтна зерносушарка — найскладніший об'єкт управління в усій поточній лінії по підготовці зерна до зберігання. Якщо розглянути сушарку як об'єкт управління (рис. 2.13), то основними вихідними параметрами слід вважати кінцеву вологість зерна W_k , продуктивність сушарки Q , температуру нагрівання зерна $\theta_{\text{зер}}$, температуру агента



2.13. Схема шахтної зерносушарки як об'єкту керування

сушіння, що подається, Θ_n та викидається з сушарки Θ_k . Рівень зерна в зерноавантажувальному бункері над сушаркою H . Збуреннями об'єкта є воло-

гість зерна, що подається в сушарку W_n , його температура θ_n , температура θ_{nz} та відносна вологість ϕ_{nz} , повітря зовнішнього середовища, параметр K_z , який характеризує чистоту та об'ємну масу зерна.

Керуючі дії в сучасних сушарках досить обмежені: це переміщення регулюючого органу випускного апарату $X_{ва}$, що змінює продуктивність сушарки Q , переміщення органу, який змінює подачу палива в камеру згоряння X_n , що призводить до зміни температури агенту сушіння Θ_n . Нарешті, переміщення регулюючого органу, що змінює подачу зерна в завантажувальний бункер $X_{зав}$ і, тим самим, змінює в ньому рівень зерна H .

Аналіз функції управління, яка враховує всі показники функціонування сушарки, як об'єкта управління [1], [2], показує, що оптимальне управління шахтною сушаркою може бути здійснене при стабілізації на заданих граничних рівнях температури теплоносія θ_n та кінцевої вологості висушеного зерна W_k . При цьому необхідно враховувати деякі обмеження. У першу чергу, це недопущення перевищення максимальної температури нагрівання зерна під час сушіння.

Крім управління безпосередньо процесом сушіння зерна, при роботі сушарки оператори зайняті ще додатковими операціями: регулюванням завантаження приймального бункера зерном, розпалюванням топки теплогенератора, ліквідацією аварійного режиму внаслідок згасання факела в топці.

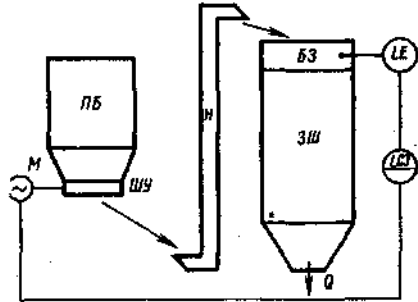
Автоматичне регулювання завантаження сушарки зерном здійснюється за допомогою позиційного регулятора рівня.

Функціональна схема подачі зерна в бункер зображена на рис. 2.14. Зерно з проміжного бункера $ПБ$ з шибєрним пристроєм $ШУ$ самопливом надходить до норії $Н$, за допомогою якої потрапляє в приймальний бункер сушарки $БЗ$.

Зовнішнім збурюванням для бункера, як об'єкта керування є продуктивність сушарки Q .

2.14. Функціональна схема регулювання рівня зерна в бункері над сушаркою:

ЗШ — зерносушарка; ПБ — проміжний бункер; ШУ — шибєр; Н — норія; LE — датчики рівня; LCI — регулятор; М — виконавчий механізм



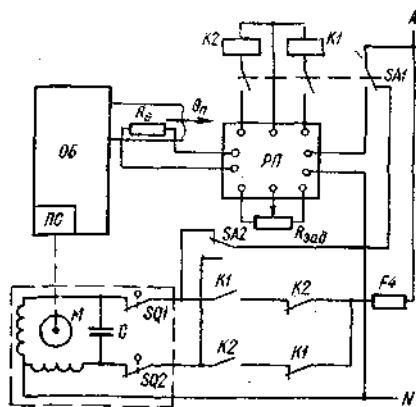
Передаточну функцію об'єкта керування по каналу $X_{зов} - H$ можна подати у вигляді:

$$W_{об}(p) = \frac{K}{p} e^{-p\tau}$$

При такій передаточній функції стала робота позиційного регулятора можлива тільки, якщо час ізодрому виконавчого механізму з заслінкою буде значно менша ніж запізнювання τ [1]. У цьому випадку регулятор буде працювати в режимі автоколиваний. Амплітуда автоколиваний залежить від місця встановлення датчиків. Період автоколиваний для забезпечення нормальних умов роботи релейно-контактної апаратури і навколишнього механізму необхідно підтримувати як можна більшим. Це залежить від співвідношення $Q_{зб}/Q$. Чим менше таке співвідношення, тим довшим є період автоколиваний. Але при $Q_{зб}/Q \leq 1$ система стає непрацездатною, бо бункер випорожнюється. При $Q_{зб}/Q = 2$ в системі симетричні автоколиваний — напівперіод наповнення дорівнює напівперіоду випорожнення бака. В реальних системах збільшується напівперіод наповнення з умов $Q_{зб}/Q = 1,25 - 1,5$.

В існуючих системах управління застосовують електронні ємнісні датчики рівня. Застосування таких регуляторів на практиці дозволило значно поліпшити працю оператора по управлінню сушаркою. До негативних особливостей слід віднести необхідність періодично настроювати датчики та наявність помилкових спрацювань.

Основним параметром, який характеризує тепловий режим зерносушарки є температура теплоносія, що подається до сушарки. Відомо, що продуктивність сушарки залежить в першу чергу від цього параметра. Тому найбільш інтенсивним процес сушіння буде тоді, коли температура агента сушіння на вході в сушарку $\theta_{пов}$ буде граничною, при якій температура зерна $\theta_{зер}$ в процесі сушіння не підніметься понад допустимі межі. При розробці раціональної системи автоматичного регулювання температури теп-



2.15. Принципова схема автоматичної системи регулювання температури теплоносія в зерносушарці:

ОБ — опалювальний блок; ПС — паливник; РП — регулюючий пристрій; ВМ — виконавчий механізм

лоносія необхідно врахувати такі технологічні вимоги до системи. Похибка регулювання не повинна перевищувати 3°C . Задане значення температури теплоносія залежить від вологості зерна і варіюється в межах від

50 до 80°C . Наприклад, для насіння пшениці допустиме значення температури теплоносія при вологості зерна 17 — 20% дорівнює 65°C , відповідно при вологості 20 — 26% дорівнює 60°C і при вологості понад 26% — 55°C .

Об'єктом регулювання температури теплоносія є повітrepідігрівник, оснащений паливником для згорання рідкого палива з теплопродуктивністю $1000\ 000$ кДж/год і витратами палива до 30 кг/год. Регулюючим органом в об'єкті використовують клапан, який змінює подачу палива і повітря в камері згорання. Враховуючи динаміку об'єкта, в якого запізнювання і постійна часу сумарні, раціональним є регулятор, що реалізує неперервний закон регулювання (Пі-регулятор).

Один із варіантів принципової схеми системи регулювання температури теплоносія на вході в сушарку з Пі-регулятором наведений на рис. 2.15.

Регулятор складається з мідного термометру опору R_0 і регулюючого приладу РП, проміжних реле $K1$ і $K2$ та електродвигуна, який використовується, як виконавчий механізм. Мідний термометр, що встановлюється в центрі трубопровода з теплоносієм, підведений до регулюючого пристрою РП, який складається з моста змінного струму, в діагональ якого включені резисторний задатчик $R_{зад}$ і коректор. Сигнал від вимірювального блока надходить на вхід двокаскадного підсилювача з пружним зворотним зв'язком. До виходу РП підключені два проміжних реле $K1$ і $K2$, які своїми контактами включають реверсний виконавчий механізм. Вихідний вал механізму переміщує регулюючий орган паливника. Перемикач SA1 призначений для переключення режиму роботи автоматичне — ручне. При ручному

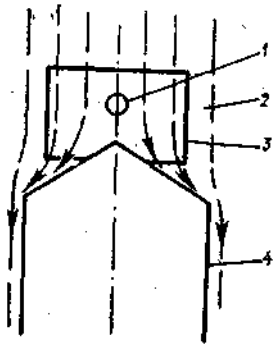
керуванні виконавчий механізм працює від ручного вимикача SA2. Принцип дії системи регулювання такий. При заданому значенні температури теплоносія напруга на виході вимірної мостової схеми дорівнює нулю, контакти проміжних реле розімкнуті і виконавчий механізм нерухомий. При відхиленнях температури замикаються контакти в проміжних реле, що призводить до включення виконавчого механізму. Одночасно з включенням електродвигуна подається імпульс до пристрою зворотного зв'язку. Відповідні конденсатори в ланках зворотного зв'язку заряджаються. В той момент, коли дії пристрою зворотного зв'язку врівноважують дії сигналу розузгодження, розімкнуться контакти реле і електродвигун зупиниться. Після розрядки конденсаторів зворотного зв'язку, рівновага знову буде порушена і двигун буде включений. Періодичне включення та відключення двигуна буде відбуватися, поки значення температури агента сушіння не дорівнюватиме заданому.

Аналогічні регулятори встановлені в сушарках СЗШ-8, СЗШ-16А та Т662 «Пектус». Їх випробування та експлуатація показали можливість підтримувати температуру теплоносія з середньоквадратичним відхиленням, що не перевищує 1°C . При зміні уставки $\theta_{\text{зад}}$ на 10°C , час регулювання не перевищує допустимого значення. На польських сушарках типу М819, обладнаних релейними регуляторами, похибка регулювання температури теплоносія становила 10°C .

Для ефективного ведення процесу сушіння із збереженням якості зерна необхідно, щоб температура зерна не перевищувала певних граничних значень. Відомо, що температурне поле в шахтних зерносушарках нерівномірне. Для правильного протікання процесу необхідна інформація про температуру зерна в точках максимального його нагрівання, оскільки тільки ці точки визначають місця теплового травмування зерна.

У сучасних сушарках система контролю нагрівання зерна складається з одноконтролю температури. Шахтні зерносушарки типу «Пектус» та СЗШ-16 для контролю температури зерна обладнані по одному манометричному термометру, чутливий елемент якого встановлений у шахті сушарки типу «Пектус» і в підсушувальному бункері в сушарках типу СЗШ. Як показала практика, такий контроль виявився малоефективним і випадки перегрівання зерна трапляються дуже часто.

Останнім часом розробляється і досліджується ряд систем контролю, які дозволяють забезпечити потрібну ін-



2.16. Розташування датчика температури нагрівання зерна в шахтних зерносушарках:

1 — датчик; 2 — зерно; 3 — кожух датчика; 4 — короб сушарки

формацію про зміну температури зерна в сушарці [1]. Це багатоточкові (12 точок) прилади із спеціально захищеними від впливу теплоносія термометрами на основі логометра здійснюють періодичне опитування датчиків з періодом 40—60 с і сигналізують оператору сушарки про недопустимі відхилення температури зерна в тій чи іншій зоні. Захист датчика від дії теплоносія здійснюється за допомогою спеціального захисного кожуха, який встановлюється на коробках шахти (рис. 2.16).

Вологість зерна на виході з сушарки — найважливіший параметр, що характеризує якість процесу сушіння. Інформація про початкову та проміжну вологість зерна дозволяє правильно організувати процес сушіння.

Вологість зерна контролюють стаціонарним методом шляхом відбору проб зерна і подальшого його лабораторного аналізу, який проводиться при визначенні початкової вологості для кожної порції зерна, що надходить на тік. Кінцеву вологість перевіряють не частіше як раз на 1 год. Ця інформація дозволяє операторам сушарок керувати процесом сушіння, але із значним запізненням, що призводить до неякісного сушіння або значного зниження продуктивності сушарки. При використанні автоматичних пристроїв контролю вологості, період вимірювання вологості значно скорочується.

Сучасні вологоміри повинні забезпечувати безперервність або задану періодичність вимірювання вологості з діапазоном 10—40 %. Похибка вимірювання $\pm 1\%$ для кінцевої вологості і 1,5—2 % для початкової.

Сучасна промисловість випускає вологоміри для визначення вологості зерна. Це, в першу чергу, переносний, портативний вологомір ПВЗ-10Д. Тривалість вимірювання 2—2,5 хв. Вимірювання здійснюється з похибкою 1—1,5 %. Для безперервного контролю зерна створено ряд вологомірів [3]. Найдосконалішим з цих приладів, який випускається серійно, є поточний вологомір зерна ПВЗ-20Д. Ним також оснащені сучасні шахтні сушарки СЗШ-16А для контролю вологості висушеного зерна.

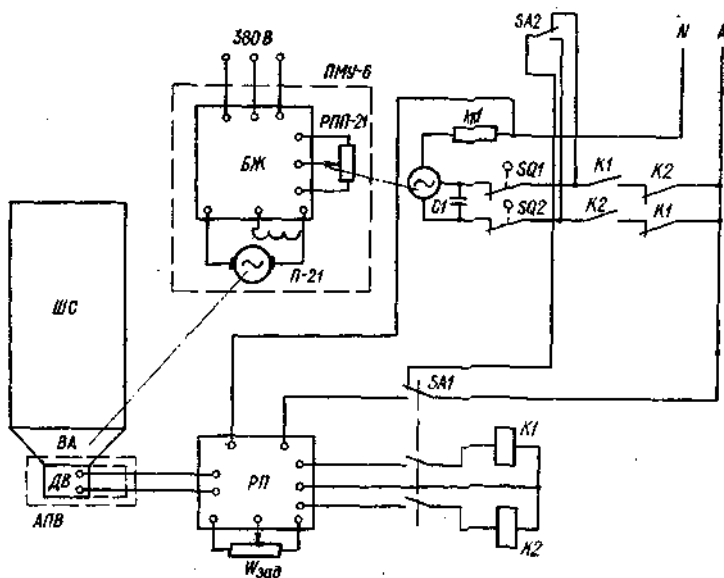
Технічні характеристики вологоміра ПВЗ-20Д

Діапазон вимірювання вологості, %	10—26
Абсолютна похибка, %, в межах	
10—18 %	1,5
18—26 %	2,0
Діапазон коливань витрат зерна через датчик, т/год	3—25
Напруга живлення струму, В	220±20
Потужність джерела живлення, ВА	30
Габарити, мм:	
датчика	250×290×370
вимірювального блоку	480×235×215
Маса, кг:	
датчика	7,5
вимірювального блоку	10

При розробці регуляторів вологості зерна виникають складності із здійсненням регулюючої дії на об'єкт, яка б змінювала продуктивність сушарки. В останні роки для модернізованої сушарки СЗШ-16А розроблена конструкція випускного апарата, в якому передбачена можливість дистанційного керування режимом роботи. Наявність вимірювального пристрою та регулюючих органів об'єкту дає можливість створювати систему автоматичного керування, кінцевою вологістю зерна. Як приклад, на рис. 2.17 подана принципова схема такої системи, дослідний зразок якої випробуваний на сушарках типу «Пектус». Вимірювальним елементом вологості зерна є вологомір АПВ типу ПВЗ-20Д. Вихідний сигнал вологоміра подається на вхід регулюючого пристрою РР. Необхідне значення кінцевої вологості задається задатчиком $W_{\text{зад}}$. При відхиленні вологості зерна від заданого значення спрацьовує одне з реле К-1 або К-2, підключені до виходу РР. При спрацюванні однієї з котушок включається реверсивний мікродвигун РД, який через редуктор переміщує ковзний контакт задатчика РПП-21, що призводить до зміни швидкості обертання приводного двигуна, і внаслідок цього, до зміни частоти коливань лотків. Зміна частоти коливань лотків випускного апарату ВА змінює продуктивність сушарки.

Мікродвигун у крайніх положеннях відключається кінцевими вимикачами SQ1 і SQ2. Перемикач SA1 перемикає режим управління випускним апаратом: ручне — автоматичне. Для ручного керування використовується перемикач SA2.

Експериментальні дослідження показали роботоздатність такої системи. Відхилення кінцевої вологості зерна не перевищувало 1,12 %.



2.17. Принципова схема автоматичного регулювання кінцевої вологості зерна в шахтній зерносушарці:

ШС — шахтна сушарка; ВА — вилуский апарат; ПМУ-6 — електропривод, що регулюється; БЖ — блок живлення; РП П-21 — датчик; АПВ — поточний вологомір зерна; ДВ — датчик вологості; РП — регулюючий прилад; РД — реверсивний мікродвигун

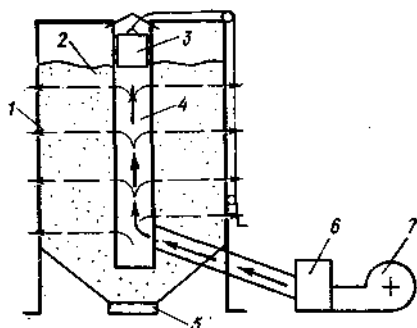
2.4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ ЗЕРНА

Активне вентилявання зерна застосовують для сушіння насінневого зерна, для тимчасової консервації зерна охолодженням та аерації насіння при тривалому зберіганні. Бункер для активного вентилявання (рис. 2.18) має зовнішній і внутрішній циліндри з перфораціями. Простір між циліндрами заповнюється зерною масою. У внутрішній циліндр вентилятором подається агент сушіння, який проходить через теплообмінник. Для створення підпору у внутрішньому циліндрі розташований поршень, який встановлюється відповідно до рівня зерна в бункері. Така схема реалізована у вітчизняному устаткуванні для активного вентилявання БВ-25, БА-40 та бункерах фірми «Пектус».

Активне вентилявання — це різновид конвективного способу сушіння. Особливість такого способу полягає в досить низьких температурах агенту сушіння, що не призводить до теплового травмування зерна. При цьому не-

2.18. Схема бункера активного вентилявання:

1 — корпус бункера; 2 — зерно;
3 — поршень; 4 — внутрішній циліндр;
5 — шиберна заслінка; 6 — теплообмінник;
7 — вентилятор



рухомий достатньо товстий шар зерна продувається потоком повітря, який поглинає вологу з зерна доти, поки не настане гігроскопічна рівновага зерна та повітря.

Наприклад, при температурі 20°C вологості зерна 14% відповідає відносна вологість повітря 65% .

Обладнання для активного вентилявання зерна може функціонувати залежно від ефективності процесу сушіння трьома способами.

Перший спосіб полягає в продуванні звичайного повітря навколишнього середовища через шар зерна. При такому процесі висушування можливе тільки тоді, коли середня відносна вологість повітря за час сушіння нижча за необхідну зрівноважену вологість зерна. Для більшості районів України під час збирання врожаю ці умови не виконуються, тому здійснюють періодичні включення бункерів лише у денні часи, коли температура і вологість повітря відповідають необхідним режимним параметрам. У цьому випадку тривалість сушіння значно збільшується. Відомо, що зберігання вологого зерна, досить обмежене. Наприклад, при зберіганні зерна вологістю понад 18% протягом $6-8$ діб починається його псування. Ось чому такий спосіб функціонування обладнання для активного вентилявання зерна не знаходить широкого застосування.

Другий спосіб полягає у використанні устаткування для вентилявання як сушарок періодичної дії. Агент сушіння попередньо підігрівають до $45-50^{\circ}\text{C}$. У цьому випадку відносна вологість повітря, що продувається, становить $15-30\%$, що відповідає $5-8\%$ зрівноваженої вологості зерна. Оскільки процес сушіння завершується тоді, коли заданого значення вологості досягають шари зерна, розташовані біля зовнішнього циліндра, зерно, що знаходиться при вході повітря до сушарки дуже пересушується. Так, при висушуванні зерна початковою вологістю 25% нерівномірність вологості становить 12% , а шари зерна, що прилягають до внутрішнього циліндра, висушуються до

вологості 3—4 %. Тому для підвищення рівномірності сушіння зерна його необхідно перемішувати під час сушіння. Це здійснюється шляхом пересипання зерна з одного бункера в інший один-два рази за період сушіння залежно від початкової вологості зерна.

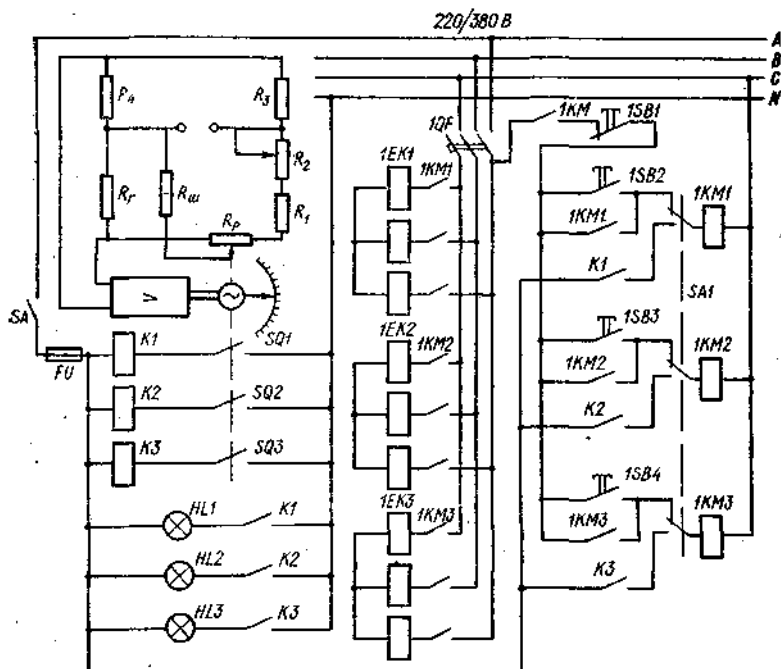
Найдоцільнішим способом сушіння активним вентиляваням є такий, що дозволяє продувати шар зерна повітрям з відносною вологістю, яка відповідає, або трохи нижча за зрівноважену вологість зерна. Відомо, що нагрівання повітря на 1 °С знижує його відносну вологість приблизно на 5 %, то достатньо нагріти повітря навіть вологістю 100 % на 7 °С, щоб вологість агрегата сушіння становила 65 %. При такому способі функціонування обладнання для активного вентилявання зерна нерівномірність сушіння майже відсутня, а тривалість сушіння не досягає допустимих строків зберігання вологого зерна.

Таким чином, раціональне управління сушаркою полягає в тому, щоб забезпечити стабілізацію відносної вологості агента сушіння на рівні зрівноваженої кінцевої вологості зерна. Це складне завдання в зв'язку із значними змінами навіть добової вологості повітря. Наприклад, середня відносна вологість в Україні (центральні райони) у серпні — вересні дорівнює 73 % з середньо-квадратичним відхиленням 10—11 %. Аналіз статистичних характеристик випадкового процесу зміни вологості показує, що системі, яка керує процесом, достатньо здійснювати контроль вологості приблизно два рази на годину. Така частота опитування датчиків збурень вимагає технічних засобів для зняття інформації та керування процесом підтримання заданої вологості повітря, що подається до сушарки.

Принципова схема регулятора відносної вологості агента сушіння в устаткуванні для активного вентилявання зерна показана на рис. 2.19.

Вимірювання вологості зовнішнього повітря здійснюється за допомогою напівпровідникового вологочутливого опорно-гігристиора R_r . Гігристиор зашунтований опором $R_{ш}$ і включений до мостової схеми електронного моста, плечами якого є резистори $R_1...R_4$, а також опір реохорда R_p . Контакти $SQ1—SQ3$ трипозиційного пристрою моста, що настроюються на задані значення відносної вологості повітря $\varphi_1... \varphi_3$, через проміжні реле $K1—K3$ управляють включенням магнітних пускачів $IEK1—IEK3$ трьох секцій підігрівання повітря в бункерах.

Принцип дії регулятора такий. При підвищенні відносної вологості зовнішнього повітря до значення φ_1 , замикається контакт SQ і спрацьовує реле $K1$, яке своїми контак-



2.19. Принципова схема автоматичного регулятора відносної вологості агента сушіння в бункері для активного вентилявання зерна

тами підключає до мережі живлення контактом *1KM1* катушку магнітного пускача *1EK1* першої секції нагрівників. При подальшому підвищенні відносної вологості зовнішнього повітря до φ_2 замикаються контакти *SQ2* (при φ_3 — замикаються *SQ3*), відповідно спрацьовують контакти *K2* та *K3* і підключаються наступні секції нагрівників. При цьому, коли спрацьовують контакти *K1* та *K3* загоряються сигнальні лампочки *HL1—HL3*, які показують оператору кількість включених секцій. При зниженні вологості аналогічно відбувається відключення секцій підігрівання повітря.

У схемі передбачене блокування на включення секцій при невиключених вентиляторах, що здійснюється блокуваннями *1KM*, відповідного магнітного пускача двигуна вентилятора. Перемикач *SA1* призначений для перемикання управління секціями підігрівання з автоматичного на ручний і навпаки. Поточне значення відносної вологості повітря фіксується стрілкою електронного моста. Ця інформація дозволяє оператору своєчасно включити і відключити регулятор, оскільки він працює лише на пониження вологості.

2.5. АВТОМАТИЗАЦІЯ МОБІЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ У РІЛЬНИЦТВІ

Незалежно від вирощуваних культур технологічні процеси в рільництві майже однакові: обробіток ґрунту, сівба, догляд за рослинами та збирання врожаю. Їх виконують мобільними агрегатами МТА або спеціалізованими самохідними машинами. Управління будь-якими технологічними процесами у рільництві складається з водіння агрегату, регулювання завантаження двигуна та робочих органів машини, а також контролю за виконанням технологічних операцій.

Найтрудомісткою операцією є водіння, трудозатрати на яке, наприклад при оранці, становлять близько 80 % усіх затрат праці механізатора. Але автоматизація водіння дуже ускладнена внаслідок таких причин.

По-перше, це мобільність засобів виробництва. Адже оброблюваний матеріал (ґрунт, рослини) залишається нерухомим, а рухаються засоби виробництва, які його обробляють.

По-друге, складність рельєфу полів. Майже на кожному полі є схили, косогири, балки тощо, що створюють додаткові непередбачені перешкоди агрегату.

По-третє, значна неоднорідність фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, це змінює, наприклад, тягові зусилля при переміщенні агрегату та виконанні ним однакових операцій.

Значної уваги механізатора потребують операції, пов'язані з регулюванням роботи двигуна агрегата, створенням умов для його найкращої експлуатації. Зовнішні перешкоди змінюють крутильний момент на валу відбору потужності (ВВП), причиною яких теж є зміни фізико-механічних властивостей ґрунту, рослин, а також нерівності поверхні ґрунту та неоднорідність насаджень. Ці перешкоди впливають і на завантаження робочих органів збиральних машин.

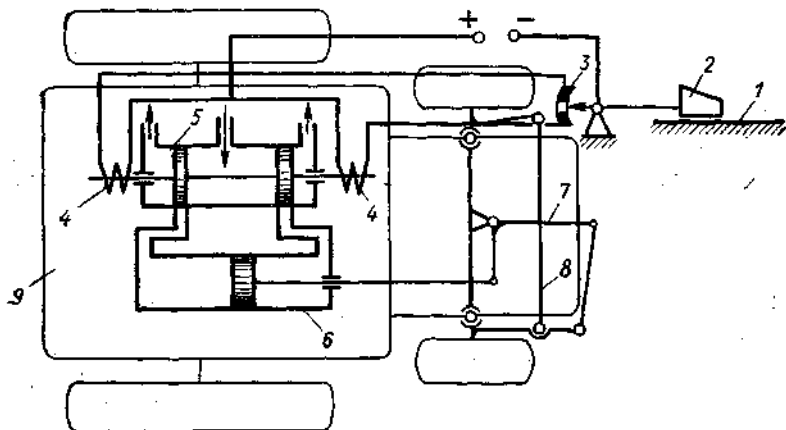
Якість оранки, культивації, сівби, збирання врожаю теж потребують певних зусиль та уваги механізатора. При оранці треба дотримувати певної глибини та стежити, щоб не було огривів. Культивація потребує високої точності роботи. Наприклад, похибка копіювання рядків рослин не повинна перевищувати 2—3 см. Така ж точність потрібна і при сівбі: глибина загортання — до 1 см; норма висіву — до 10 г/см². Огриви не повинні перевищувати 1 % засіяної площі. Збирання врожаю характеризується втратами (до 1,5 %) та якістю зібраної продукції.

Досвід показує, що механізатор без допомоги технічних засобів не може забезпечити управління агрегатом при якісному виконанні технологічних операцій та оптимальному використанні його продуктивності. На енергонасичених агрегатах, таких як кукурудзозбиральний комбайн «Херсонець-200», механізатор без допомоги автоматичних систем управління та контролю може використовувати лише 60—64 % продуктивності агрегату під час збирання врожаю. При цьому якість збирання підтримується на належному рівні тільки перші три години. Далі механізатор стомлюється і якість збирання значно погіршується. Отже, застосування автоматичних систем при роботі мобільних агрегатів у рільництві необхідне.

Розглянемо ряд методів орієнтації машинно-тракторного агрегату, які застосовуються при автоматичному водінні. Найпоширенішим є копіювання: машина або МТД копіюють лінію, залишену ними ж при попередньому проході. Це може бути борозна, маркерна лінія, утворена спеціальним слідоутворювальним обладнанням, межа хлібостою тощо.

На рис. 2.20 зображена спрощена принципова схема системи автоматичного водіння трактора, побудована на методі копіювання. Сприймаючий елемент фіксує відхилення копіра 2, яке з'являється при відхиленні руху трактора 9 від борозни 1. Якщо відхилення більше за зону нечутливості порівнювального елемента 3, то електричний сигнал надходить на елемент управління, який складається з двох електромагнітів 4 та гідравлічного підсилювача 5. Елемент управління з'ясовує, в який бік відбулося відхилення та визначає його величину. Залежно від напрямку відхилення включається той чи інший електромагніт, який пересуває поршні гідропідсилювача, а величина відхилення впливає на тривалість утримання поршнів у цьому положенні. При відхиленні поршнів масло потрапляє до виконавчого елемента — гідроциліндра 6. Його поршень пересуває зубчасту рейку, яка за допомогою рульової трапеції 8 змінює положення передніх ведучих коліс трактора 9. Вони повертаються доти, поки копір знову не займе нейтральне положення.

Такі системи виготовляють та монтують на тракторах К-700, ДТ-75 та інші. Проте вони мають недоліки. По-перше, їх можна використовувати тільки при виконанні однієї або кількох операцій. Наприклад, систему автоводіння, для якої борозна попереднього проходу є прямою траєкторією, можна застосовувати лише при оранці. Крім того, такі системи набувають помилок попередніх проходів. То-



2.20. Принципова схема системи автоматичного водіння трактора:
 1 — борозна (базова лінія); 2 — копій; 3 — порізнавальний елемент; 4 — електромагніти; 5 — гідророзподільник; 6 — гідрочиліндр; 7 — важіль; 8 — рульова трапеція; 9 — трактор

му вже при третьому — п'ятому проході викривляється борозна, що призводить до неякісної оранки та втрат продуктивності агрегату, бо потребує періодичного випрямлення борозни водієм агрегату. Треба відзначити, що борозна та інші маркерні лінії не можуть бути надійним орієнтиром для механічних копіювальних засобів. За вказаним методом не можна автоматично вести агрегат на поворотній полосі. Отже, описаний метод обов'язково передбачає присутність механізатора, який повинен весь час контролювати роботу автомата водіння та розвертати агрегат в кінці гону.

Більш досконалішими є системи автоматичного водіння, які використовують для направлення руху агрегату природні або штучні орієнтири на полі. Природними можуть бути рядки рослин, валки скошеного хліба, земляні гребені, де розміщені рослини; штучними — штаби, дріт, які підтримують рослини, струмопровідний дріт, укладений в землі тощо.

Системи, для управління якими використовують природні орієнтири, частіше застосовують на самохідних збиральних машинах: зерно-, кукурудзо-, буряко-, капусто- та картоплезбиральних комбайнах. Автоматичне водіння зернозбиральних комбайнів здійснюється по валках, для збирання кукурудзи, цукрових буряків, капусти — по рядках рослин, картоплезбирального — по земляних гребнях.

Важливим завданням є створення систем по регулю-

ванню положення сільськогосподарських знарядь відносно поверхні поля. Вони потрібні при роботі землеробної техніки (плугів та культиваторів), посівних та збиральних агрегатів.

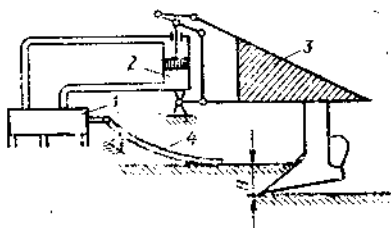
Системи регулювання глибини оранки та культивації повинні стабілізувати глибину обробітку ґрунту. Відповідно до агротехнічних вимог відхилення глибини оранки на рівних ділянках поля не повинне перевищувати — 1,5 см, а нерівних — 2—3 см. Нерівномірність глибини обробітку ґрунту при культивації не повинна перевищувати 1 см.

Існує два основних методи побудови систем автоматичного регулювання глибини оранки: силовий та за відхиленням. При першому систему регулювання створюють на основі вимірювання тягового зусилля. Другий метод ґрунтується на використанні відстані від поверхні ґрунту до різального краю плуга.

Силовий метод не вимірює безпосередньо регульовану величину, тому при зміні фізико-механічних властивостей ґрунту протягом гону відхилення глибини оранки неминучі. Але завдяки простій конструкції сприймаючого елемента системи цей метод зараз є найпоширенішим.

Розглянемо роботу системи, побудовану на методі регулювання глибини за відхиленням (рис. 2.21). Вимірювальним пристроєм регулятора є планка з повзунком 4. Відхилення планки від зміни глибини ходу плуга передається на золотниковий гідророзподільник 1, який керує роботою гідроциліндра 2. Останній змінює положення плуга 3.

При відхиленні глибини оранки H в бік її збільшення планка з повзунком під дією пружини 5 відхиляється вгору і переміщує плунжер гідророзподільника вліво. Масло під тиском надходить у нижню порожнину гідроциліндра, поршень якого піднімається вгору і заглиблення плуга зменшується. При зменшенні глибини оранки система буде діяти у зворотньому напрямку. Найдосконалішими є системи автоматичного регулювання глибини оранки, дія яких ґрунтується на комбінованому методі, що враховує відхилення глибини оранки та тягове зусилля. При змінах фізико-механічних власти-



2.21. Система регулювання відхилення глибини оранки:

1 — гідророзподільник; 2 — гідроциліндр; 3 — плуг; 4 — планка з повзунком; H — глибина оранки

востей ґрунту різко зростають тягові зусилля, що призводить до пробуксовування трактора і потребує переходу на нижчу передачу та примусове ручне виглиблення знаряддя. Наявність у такій системі силового сприймаючого елемента дозволяє значно підвищити продуктивність МТА на оранці.

Ефективне використання збиральної техніки і тракторів можливе тільки при оптимальному завантаженні робочих органів та двигуна відповідно до умов їх роботи.

У зв'язку з тим, що зовнішні фактори при роботі сільськогосподарської техніки змінюються в широких межах, нерівномірність завантаження двигуна і робочих органів машин значна, а це може призвести до аварії. Тому необхідність в обладнанні техніки автоматичними пристроями очевидна.

Широко застосовується метод контролю завантаження робочих органів збиральних машин, який ґрунтується на контролі частоти обертання робочих валів. При перевантаженні будь-якого органу машини його вал зменшує частоту обертання. На індикації частоти обертання і створюються системи контролю завантаження робочих органів сільськогосподарських машин.

Останнім часом розроблений і виготовляється цілий клас таких систем. Крім контролю частоти обертання, вони контролюють втрати продукції, рівень її в бункерах тощо.

Розглянемо конструкцію та роботу такої системи контролю на прикладі УСАК-13. Система призначена для автоматичного контролю частоти обертання 13 робочих органів самохідної коренезбиральної машини КС-6 та подачі світлової та звукової сигналізації при зниженні частоти обертання у тому чи іншому вузлі з визначенням його місцезнаходження. За допомогою сигнальних ламп контролюють приводи копачів (з 1 по 6 датчик), шнеку (датчик 7), бітерів копачів (датчик 8), передавального вала (датчик 9), поздовжнього транспортера (датчик 10), завантажувального елеватора (датчик 11), стрічкового транспортера (датчик 12), грудкоподрібнювача (датчик 13). Система УСАК-13 складається з 14 датчиків (один запасний), блока управління, а також 14 кабелів для під'єднання датчиків до блока.

Блок управління призначений для сприймання сигналів від датчиків, їх аналізу та формування сигналу на індикаторах. До блока приєднують всі елементи і вузли системи. На його передній панелі розміщені клеми для підключення живлення від електрообладнання комбайна, кле-

ма підключення звукового сигналу, штепсельні роз'язтя «Індикатор» для підключення індикатора та «Датчик» — датчиків, перемикач «К—1» — для перевірки справності системи, два запобіжники: «2А» — для кола живлення і «5А» — для кола звукового сигналу. Зверху блока знаходиться кришка, яка закриває місце перемикача «Датчик» для встановлення кількості підключених до системи датчиків, і перемикач «Оберти», за допомогою якого встановлюють режим роботи системи контролю.

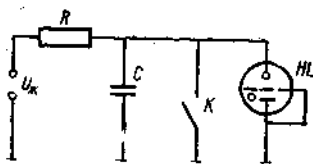
Індикатор системи призначений для розміщення органів управління та індикаторів візуальної сигналізації аварійного стану вузлів, які підлягають контролю.

Індикатор виконаний у вигляді малогабаритного блока. На його передній панелі встановлені вимикачі живлення системи «ВКЛ» та звукового сигналу «ГУДОК», індикаторна лампа наявності живлення та 13 сигнальних ламп. На задній панелі змонтоване штепсельне роз'язтя для підключення кабеля від блоку управління.

Датчик системи здійснює перетворення механічного руху обертання у послідовність електричних імпульсів. Це електромагніт з двома обмотками, розміщеними у сталюму циліндричному корпусі, і магнітним шунтом на валу, який контролюють. Одну з обмоток використовують для створення електромагніту, а другу електричних сигналів. У корпусі датчика знаходиться фланець для встановлення датчика на вузлі. Перетворення механічного руху в електричні сигнали здійснюється за допомогою магнітних шунтів, виконаних з урахуванням конструкції й частоти обертання робочих валів.

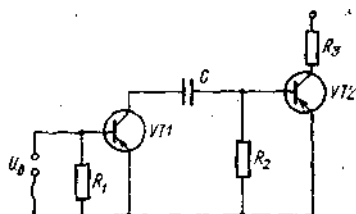
На рис. 2.22 зображена електрична схема системи контролю, яка складається з конденсатора C , електронного ключа K і порогового елемента HL . Зарядження конденсатора здійснюється за рахунок постійної напруги $U_{ж}$ на резисторі R . Електронний ключ спрацьовує в такт з імпульсом, який надходить від датчика. Пороговий елемент спрацьовує, якщо напруга на конденсаторі досягає граничного значення $U_{гр}$. Для реалізації порогового елемента використовують тиратрони типу МХТ-80 в діодному підключенні або світлодіоди.

Принцип дії системи такий. Імпульси від датчика надходять на електронний ключ K , замикають його і в цей час через ключ заряджається конденсатор C . Заряджається він при розімкненому K до напруги $U_{гр}$ за час $T_{гр}$. Якщо період між двома імпульсами менший за $T_{гр}$, то конденсатор не встигає зарядитись до напруги $U_{гр}$ і пороговий елемент не спрацьовує. При зниженні частоти обертання ро-



2.22. Спрощена принципова схема обладнання контролю УСАК:

C — конденсатор; K — електронний ключ; R — резистор; HL — тиратрон



2.23. Принципова електрична схема електронного ключа обладнання контролю УСАК:

$R_1...R_3$ — резистори; C — конденсатор; VT_1, VT_2 — транзистори; U_d — сигнал від датчика

бочого вала під дією перевантаження імпульси від датчика будуть надходити через більший проміжок часу. Якщо період буде більший $T_{гр}$, напруга на конденсаторі C встигає досягти $U_{гр}$, що призведе до спрацювання порогового елемента. При цьому конденсатор буде розряджатись через тиратрон HL . Світлова індикація проявляється у вигляді періодів загоряння тиратрона.

Ключ K складається з двох каскадів, виконаних на транзисторах VT_1 та VT_2 (рис. 2.23). Перший каскад підсилює імпульси, які надходять від датчика, до рівня спрацювання другого каскаду. При відкритті транзистора VT_2 через нього розряджається конденсатор C .

Для перевірки стану основних блоків УСАК у процесі роботи застосовують блок самоконтролю, який складається з генератора, що виробляє імпульси з частотою вищою ніж частота імпульсів від датчиків. При подачі напруги з такою частотою на виході всіх каналів повинні з'явитись сигнали «відсутність відхилень», що свідчить про нормальну роботу системи.

Важливими системами контролю за правильним виконанням технологічних операцій є системи контролю висіву: «КЕДР», УСҚ, ХА та ін. У сівалках часто порушується нормальна робота механізмів: забиваються ґрунтом сошники, потрапляють сторонні предмети у висівні апарати тощо. Всі ці недоліки призводять до нерівномірності висівання зерна, що істотно знижує врожайність. Контроль за роботою сівалок дозволяє водію приділяти основну увагу водінню агрегату, забезпечуючи прямолінійність рядків та задане стикування міжрядь.

Систему «КЕДР» встановлюють на сівалках СУПН. Живиться вона від бортової електричної мережі трактора, з яким агрегується сівалка і складається з восьми дат-

чиків контролю висіву насіння та двох — рівня насіння, блоків підсилювання та індикації і з'єднувальних кабелів.

Датчики контролю висіву насіння — це П-подібний корпус, де знаходяться освітлювальна лампа, фотодатчик та електричний підсилювач (рис. 2.24). При подачі живлення лавпа *NL* освітлює фотодіод *BL*, який є чутливим елементом. Насіння, яке висівається, перетинає світловий промінь між лампою та фотодіодом, що спричиняє зміну фотоструму. Фотодіод через конденсатор *C1*, підключений до двокаскадного транзисторного підсилювача (транзистори *VT1* і *VT2*). При зміні фотоструму на виході підсилювача виникають електричні імпульси.

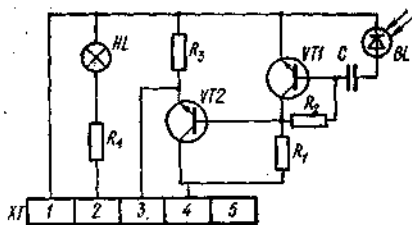
Датчик контролю наявності зерна в бункері (рис. 2.25) теж має П-подібний корпус, де знаходяться лампа, фото та баластний резистори. При подачі напруги живлення лампа *NL* освітлює фоторезистор *BL*. У цьому випадку його опір становить десятки кілоом і струм на виході фоторезистора є сигналом датчика рівня про відсутність зерна у бункері. Якщо фоторезистор знаходиться в шарі насіння, то його опір досягає десятків мегаом і на виході сигнал відсутній.

Сигнали від датчиків надходять у блок підсилювачів, до якого підключаються датчики та пульт управління. Крім підсилювачів, у блоці знаходиться дешифратор — діодна матриця, що складається з восьми груп діодів. За її допомогою вихідні сигнали з кожного підсилювача перетворюються у сигнали для появи відповідної цифри на пульті управління і вмикання звукового сигналу.

Пульт управління є металевим корпусом, в середині якого на друкованій платі змонтовані генератори світлових та звукових імпульсів, підсилювачі та засоби індикації. На лицьовій панелі розміщені декоративна решітка головки гучномовця, індикатори «Вмик» та «Рівень», тумблер вмикання живлення, цифрове табло номера місця відказу, кнопка вмикання режиму «Перевірка».

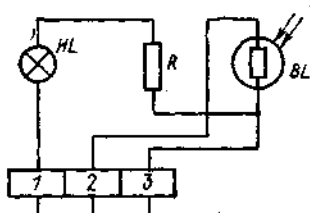
Аналізуючи досвід розвитку автоматизації процесів у рільництві за кордоном та в Україні, можна зробити висновки, що в основному рівень автоматизації мобільних агрегатів буде підвищуватись шляхом удосконалення існуючих систем автоматичного контролю і захисту, розробки систем автоматичного управління на новій елементній базі, створення нових систем на збиральних машинах, які зможуть визначати якість збирання врожаю.

Сучасні системи автоматичного контролю та захисту удосконалюються за рахунок збільшення інформації про технологічний процес, підвищення надійності роботи систем, їх уніфікації та універсалізації.



2.24. Принципова схема датчика контролю висіва насіння системи «КЕДР»:

BL — фотодіод; VT1 і VT2 — транзистори; R1...R4 — резистори; C — конденсатор; HL — лампа; XT — роз'яття.



2.25. Принципова схема датчика контролю наявності зерна в бункерах системи «КЕДР»:

HL — лампа; BL — фоторезистор; R — резистор; XT — роз'яття

Спеціалізовані системи автоматичного контролю виконують на різних агрегатах майже однакові функції, а відрізняються технічними рішеннями та елементною базою. Універсальні системи позбавлені цих недоліків.

Сучасні системи автоматичного управління мобільними агрегатами розробляються з урахуванням нового обладнання, за допомогою якого можливе управління всіма процесами. Так один управляючий пристрій може керувати водінням агрегату, роботою двигуна і правильним виконанням технологічних операцій. Таким пристроєм може бути тільки бортова електронно-обчислювальна машина (БЕОМ). Вже зараз розробляються та проходять випробування універсальні управляючі пристрої на основі мікроЕОМ, які керують процесами підготовки ґрунту, висіву, догляду за рослинами та збирання врожаю. При цьому до одного і того ж управляючого пристрою під'єднуються нові пристрої для подання інформації про параметри того чи іншого технологічного процесу.

Ефективним напрямком удосконалення управління збиральних машин є оснащення їх пристроями, які можуть розпізнавати збирану продукцію. Останнім часом створено обладнання для відокремлення картоплі від грудок та каміння з використанням рентгенівських променів. Розробляють системи, які відрізняють достиглий салат від недостиглого на основі жорстких гама-променів. За допомогою довгохвильового електромагнітного випромінювання роблять спроби розпізнати колір овочевих культур.

Контрольні запитання

1. Опишіть роботу технологічної лінії післязбиральної обробки зерна на зернопунктах. 2. Охарактеризуйте повітряно-решітну зерноочисну машину як об'єкт управління. 3. Опишіть роботу автоматичної системи управління роботою машини вторинного очищення зерна. 4. Охарактер-

робуєте шахтну зерносушарку як об'єкт управління. 5. Опишіть роботу автоматичної системи управління зерносушаркою. 6. В чому полягають принципи побудови систем управління устаткуванням для активного вентилявання зерна? 7. Опишіть роботу автоматичної системи стабілізації відносної вологості агента сушіння для устаткування активного вентилявання. 8. Принципи побудови систем автоматичного водіння мобільних агрегатів. 9. Опишіть роботу УСАК.

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАКРИТОМУ ГРУНТІ

3.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Кліматичні умови України обумовлюють циклічність виробництва продукції рослинництва і надзвичайно нерівномірне її споживання. Наприклад, максимум споживання овочів (90 %) припадає на липень — вересень, а сумарне споживання за I півріччя становить менше 6 %. За цих умов різко зростає роль закритого ґрунту, який призначений для більш стабільного і рівномірного постачання населенню продукції сільськогосподарського виробництва в зимово — весняний період.

Найрентабельнішою є експлуатація закритого ґрунту в південних районах з підвищеним рівнем сонячної радіації. Це дає можливість вдвічі зменшити витрати на паливо й електроенергію, а транспортні витрати на перевезення продукції зростають лише на 5—15 %.

Зниженню собівартості продукції закритого ґрунту сприяє й спеціалізація господарств. У різних кліматичних зонах України успішно експлуатуються великі тепличні комбінати «Сімферопольський» на 18 га, «Київська овочева фабрика», «Пуша-Водиця», «Тепличний», «Декоративне квітникарство» на 6 га кожний та ін. Спеціалізація дозволяє ширше впроваджувати механізацію й автоматизацію технологічних процесів. Для комбінатів характерні найменші трудоватрати (до 50 тис. год на га за рік) і, відповідно, найнижча собівартість вирощуваної продукції.

Поряд з цим останнім часом у виробництві продукції закритого ґрунту зростає питома вага підсобних господарств, які розташовуються, як правило, поряд із потужними джерелами вторинного тепла (ТЕЦ, АЕС). Продуктивність закритого ґрунту в підсобних господарствах досягає 40—50 кг/м² огірків і до 20—25 кг/м² томатів.

У зв'язку із значною енергомісткістю закритого ґрунту проектування нових і переобладнання існуючих споруд потребують детальних економічних розрахунків з урахуван-

ням природних ресурсів, тенденцій підвищення цін на енергоносії та коливанням ринкових цін на продукцію. При цьому повинні враховуватись: вартість проектування, будівництва (переобладнання), технологічного обладнання, експлуатації; собівартість продукції; динаміка ринкових цін.

Найбільш суттєва частка експлуатаційних витрат пов'язана з надзвичайно високою енергомісткістю технологічних процесів у спорудах закритого ґрунту, особливо в зимових теплицях. В середньому на виробництво 1 кг овочевої продукції витрачається до 160—180 МДж теплової і 1,2—2,3 кВт·год електричної енергії.

Існують два шляхи зниження енергомісткості закритого ґрунту. Це раціональне проектування споруд і магістралей теплопостачання з урахуванням конкретних кліматичних умов, що потребує детальних теплотехнічних розрахунків.

Стандартний підхід полягає у виборі одного з типових проектів, розроблених для різних кліматичних умов.

Другий шлях зниження енергомісткості — за рахунок автоматизації технологічних процесів. За експертними оцінками, тільки за рахунок повної автоматизації й підвищення якості регулювання режимних параметрів діючих споруд закритого ґрунту можна зменшити енерговитрати на 20—30 %.

Специфіка закритого ґрунту полягає в тому, що вихід режимних параметрів за межі технологічного регламенту різко впливає на врожайність і товарну якість продукції. Тому автоматизація технологічних процесів у закритому ґрунті спрямована, в першу чергу, на надійну і безвідказну роботу технологічного обладнання, підтримання режимних параметрів у межах технологічних допусків.

Прогрес в автоматизації закритого ґрунту можливий при використанні сучасних датчиків, мікропроцесорів, ЕОМ, що реалізують складні закони регулювання з урахуванням нелінійних та інерційних властивостей об'єкта і нестационарності протікаючих у ньому тепло- і вологообмінних процесів.

Наступним кроком автоматизації технологічних процесів закритого ґрунту є створення систем контролю за функціональним станом рослин і використання отримуваної від них інформації для поточного коригування системи регулювання.

Кінцевою метою такого підходу є створення адаптивних систем слідкуючого регулювання згідно з потребами рослин.

Прискорений розвиток цієї галузі аграрного виробництва можливий тільки при широкому й обґрунтованому впровадженні наукомістких технологій, електрифікації та автоматизації технологічних процесів.

3.2. ВИДИ СПОРУД ЗАКРИТОГО ГРУНТУ

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 городни 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 на 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-овочеві), 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 огороженням, так і непрозорі. За конструкцією даху теплиці поділяють на односкатні, двоскатні, нерівноскатні, аркові.

Будівельні конструкції теплиць визначають з урахуван-

3.1. Типові проекти теплиць для різних кліматичних зон

Номер ТП	Площа, га	Тип теплиць	Снігове навантаження, Н/м ²	Найнижча добова температура, °С
810—73	6	Блочні скляні овочеві	100 і 150	—25 і —35
810—82	6	Те ж	100	—25
810—86	6	»	100 і 150	—25 і —35
810—85	6	»	150	—25
810—83	6	»	150	—25 і —35
810—84	6	»	150	—25 і —35
810—95	3	Ангарні скляні овочеві	250	—40
(810—78)				
810—91	1	Блочні плівкові розсадні	100	—15
810—94	1	Те ж	100	—15
810—93	1	Блочні плівкові овочеві	100	—15
(810—77)				
810—97	1	Те ж	100	—15

ням 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 (табл. 3.1).

3.3. АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАКРИТОМУ ҐРУНТІ

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 розчину мінеральних добрив; концентрації добрив у розчині та вуглекислоти в повітрі; автоматизацію процесів поливу, підживлення і досвічення рослин; закриття вентиляційних фрамуг при швидкості вітру понад 10 м/с.

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

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 регламен-

тують максимальну температуру 30 °С (для розсади 26 °С), мінімальну — 15 °С (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 не повинне порушувати тепловий режим у споруді, температура поливної води підтримується на рівні температури повітря і ґрунту (в межах 20—25 °С).

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 при 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.

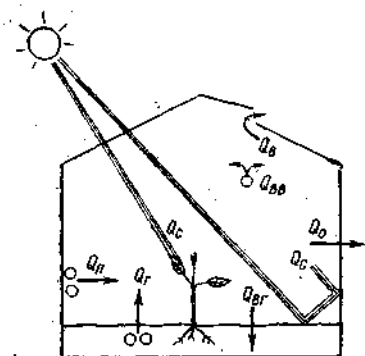
Урахування всієї різноманітності взаємозв'язків між режимними параметрами, їх узгодження та оптимізація потребують високого рівня автоматизації технологічних процесів.

3.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ СПОРУД ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ ЯК ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ

Розробка і ефективна експлуатація систем автоматичного управління технологічними процесами закритого ґрунту потребує виявлення особливостей, характерних для цього типу об'єктів, побудову моделей процесів тепло- і масообміну та визначення каналів управління цими процесами.

Особливостями споруд закритого ґрунту як об'єктів управління є:

3.1. Складові енергетичного балансу споруди закритого ґрунту



значна кількість контрольованих і регульованих параметрів, між якими існують тісні взаємозв'язки;

інерційність по каналах управління більше, ніж по каналах збурень;

об'єкт з розподіленими параметрами і змінною структурою (що пов'язано з приростом рослинної біомаси).

Метою управління є стабілізація основних технологічних параметрів середовища в межах, встановлених агротехнічними вимогами.

Взаємозв'язок між режимними параметрами середовища і потрібними для їх підтримання потоками тепла і речовин встановлюється за допомогою теплофізичних розрахунків. При цьому споруду закритого ґрунту розглядають як єдину енергетично замкнену систему з підсистемами опалення, вентиляції і теплотехнікою огорожуючих конструкцій.

Схема енергетичного балансу в споруді закритого ґрунту (рис. 3.1) враховує теплові потоки, що надходять з сонячною радіацією Q_c , теплові потоки від систем обігрівання повітря Q_n та ґрунту Q_r , а також втрати тепла через огороження Q_o , через ґрунт $Q_{сг}$, через систему вентиляції $Q_{вг}$, на випаровування вологи $Q_{ва}$ при зрошенні.

Теплота, що надходить в теплицю з сонячною радіацією Q_c , — найбільш значна, але найменш стабільна компонента в енергетичному балансі. Вона залежить від великої кількості факторів: пропускної здатності теплиці, висоти сонцестояння, хмарності та інших. Швидкі зміни освітленості у 5—25 разів (при змінній хмарності) створюють найгірший динамічний режим роботи технологічного обладнання.

Тепло, що виробляється системою обігрівання, є основним управляючим впливом на об'єкт. Теплову потужність системи обігрівання повітря Q_n та ґрунту Q_r розраховують на найгірший температурний режим і перевіряють в умовах статичних (найнижча зовнішня температура) і динамічних (перепади освітленості) навантажень.

Теплові втрати через огороження Q_o залежать від

площі огороження F , а також різниці зовнішньої θ_0 і внутрішньої θ_n температур:

$$Q_0 = \alpha F [\theta_0 - \theta_n],$$

де α — коефіцієнт теплопередачі огороження.

Теплові втрати через ґрунт $Q_{вг}$ значно менші, ніж через огороження. Їх розраховують лише для вузької смуги ґрунту, що безпосередньо прилягає до огороження.

Втрати тепла через вентиляцію Q_v залежать від коефіцієнта повітрообміну, швидкості вітру, зовнішньої температури та ступеня відкриття вентиляційних фрауг.

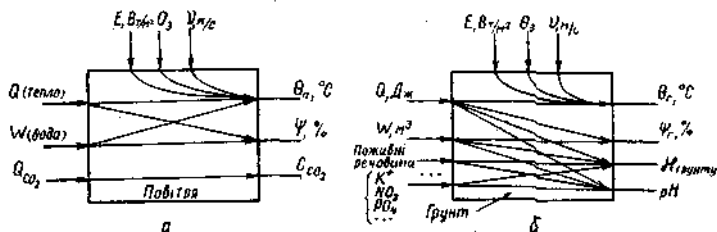
Втрати тепла на випаровування води $Q_{вв}$ значні і залежать від вологості повітря. Тому поливи і зрошення суттєво впливають на температурний режим у теплиці.

При значному перегріванні теплиць влітку вентиляція і випарувальне охолодження використовують як найефективніший спосіб управління мікрокліматом.

Як об'єкт управління, закритий ґрунт складається як мінімум з трьох елементів з різними теплофізичними характеристиками: огороження, повітря і ґрунту. Управління мікрокліматом у споруді закритого ґрунту передбачає управління параметрами повітряного і ґрунтового середовища з урахуванням внутрішніх і зовнішніх взаємозв'язків.

На рис. 3.2 зображена структурна схема управляючих впливів на повітря (а) і ґрунт (б). Кожний з блоків характеризується великою кількістю взаємозв'язків між параметрами, що підлягають управлінню. Існують також невідомі на рисунку взаємозв'язки між блоками, наприклад, завдяки конвективному теплообміну температура ґрунту впливає на температуру повітря і навпаки. Крім того, життєдіяльність рослин потребує певної просторово-часової узгодженості між зміною параметрів блоків а і б.

Це надзвичайно ускладнює управління такою багатозв'язною системою, як теплиця. Складність управління мікрокліматом пов'язана з наявністю перехресних зв'язків



3.2. Структурна схема впливу керованих і збурюючих факторів на формування параметрів стану повітря (а) та ґрунту (б)

між системами регулювання, незадовільними характеристиками об'єкта по основних каналах управління, а також значним впливом збурень.

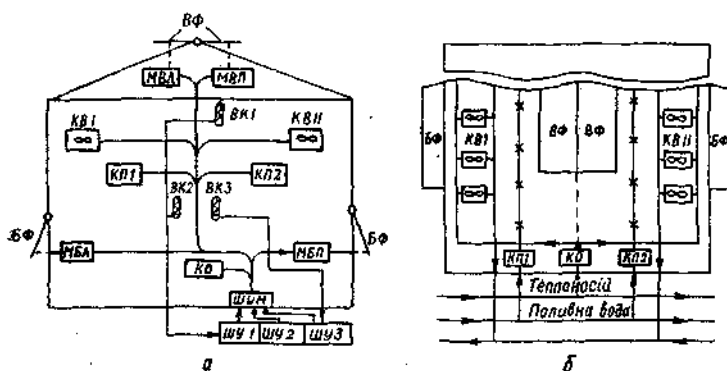
3.5. АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦЯХ

Управління мікрокліматом в теплиці здійснюється за допомогою виконавчих механізмів для регулювання температури і витрат теплоносія (змішувальний клапан ТСК), відкриття і закриття вентиляційних фрамуг (багатообертові механізми МЭМ, МЭМТ). У системах комбінованого обігрівання передбачене додаткове обігрівання повітря за допомогою калориферів.

Зволоження повітря здійснюється розпиленням води через форсунки, полив ґрунту — через систему зрошення за допомогою насосів-дозаторів. Приплив сонячної радіації, як правило, не регулюється. Лише окремі конструкції теплиць передбачають розгортання під дахом теплозахисного екрану.

Функціональна схема автоматизації мікроклімату в теплиці наведена на рис. 3.3.

Системи обігрівання теплиць передбачають ґрунтове і надґрунтове обігрівання. Теплоносій (вода) надходить з енергопункту і розподіляється між системами обігрівання за допомогою розподільчого колектора. Для ґрунтового обігрівання використовується частина зворотної води, яка підмішується в розподільчий колектор підмішувачами насосами. Управління полягає в підтриманні в системі ґрун-



3.3. Схема розміщення технологічного обладнання для управління мікрокліматом у теплиці:

а — вигляд збоку; б — вигляд зверху

тового обігрівання температури води, яка не повинна перевищувати 40 °С.

Температура води в системах обігрівання блочних теплиць забезпечується триходовим змішувальним клапаном (ТСК), встановленим в енергопункті, єдиним для всього блоку теплиць.

Системи обігрівання кожної ангарної теплиці під'єднують до магістралі через індивідуальний вузол, в зворотній лінії якого встановлений двоходовий регулюючий клапан.

Сукупність ангарних теплиць, об'єднаних спільним дахом у блочну конструкцію, має назву блочних теплиць. Для них характерне управління потужністю всієї системи обігрівання через зміну температури теплоносія, в той час як в ангарних теплицях стабілізація температури досягається зміною витрати теплоносія.

Таким чином, основними управляючими впливами в холодну пору року є зміна температури Θ_t і витрати G_t теплоносія в системі трубного обігрівання, включення калориферів K , а в теплу пору року — відкриття вентиляційних фрамуг Φ . Волога W надходить до теплиці від системи поливу і зрошення, а при наявності повітрообміну також з оточуючого середовища.

Контрольованими параметрами мікроклімату в теплиці є: температура повітря $\Theta_{п}$; температура ґрунту $\Theta_{г}$; температура теплоносія Θ_t ; вологість повітря $\psi_{п}$.

Контрольованими параметрами навколишнього середовища (розглядаються як збурення) є: зовнішня температура $\Theta_{з}$; освітленість E ; швидкість вітру V ; наявність опадів.

Крім контрольованих збурень, на мікроклімат у теплиці впливають вологість зовнішнього повітря, атмосферний тиск тощо. На даний час розроблені схеми автоматичного управління мікрокліматом у теплиці. Всі вони функціонують за принципом компенсації відхилення режимних параметрів від заданих і відрізняються схемними рішеннями, функціональною базою і якістю регулювання.

1. *Комплект автоматики КТ-1* передбачає два контури регулювання температури. Перший підтримує температуру теплоносія Θ_t в системі трубного обігрівання за допомогою ПІ-регулятора, а другий — управляє температурою повітря $\Theta_{п}$ в теплиці за допомогою позиційного регулятора з зоною нечутливості ± 2 °С. При виході температури за межі норми регулятор управляє виконавчими механізмами: клапаном розходу теплоносія або вентиляційними фрамугами.

Виконавчі механізми (ВМ)	Стан ВМ при відхиленні температури від заданої, °С													
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
Клапан теплоносія	Відкритий				Закритий									
Калорифер I	Включений			Відключений										
Калорифер II	Включений			Відключений										
Фрамуги верхні	права								Включений					
	ліва						Включений			Відключений				
Фрамуги бічні	права									Включений				Відключений
	ліва							Включений		Відключений				
Сигнал аварії													Включений	

3.2. Карта функціонування комплексу технологічного обладнання

Двічі на добу реле часу змінює задану температуру повітря $\Theta_{зад}$, узгоджуючи її з рівнем освітленості (вночі нижче на 4—6 °С).

При аварійному зниженні температури повітря до Θ_{min} , що свідчить про недостатню потужність системи водяного обігрівання, автоматично вмикається калорифер з власною системою регулювання.

2. Комплекс УТ-12 складається з системи автоматичного управління температурою повітря, температурою ґрунту, температурою поливної води, поливом ґрунту і зволоженням повітря.

Регулювання температури повітря здійснюється за тим же принципом, що і в попередньому випадку, але для підвищення точності використаний принцип багатопозиційного регулювання (табл. 3.2).

Алгоритм управління залежить від знаку і величини відхилення температури від заданої.

Коригування заданої температури здійснюється згідно з рівнем освітленості на трьох рівнях: $E > 10$, $2 < E < 10$ та $E < 2$ клк.

Система управління температурою ґрунту підтримує температуру теплоносія в системі підґрунтового обігрівання шляхом двопозиційного управління змішуючим клапаном.

Управління температурою поливної води і концентрацією мінеральних добрив також двопозиційне, причому для поліпшення динамічних характеристик використовується імпульсний переривник. Частота і тривалість поливів, підживлення і досвічення задаються програмно.

Виконавчі механізми (ВМ)	Стан ВМ при відхиленні температури від заданої, °С						
	-7	-2,5	-1,5	-0,7	0	0,7	2 5 10
Клапан теплоносія							
Калорифер I	включений			відключений			
Калорифер II							
Вентиляційні фрамузи (берхи) (бокові)							
Вентилятор осьовий							
Сигнал аварії							

3.3. Карта функціонування комплексу технологічного обладнання «Тельтов»

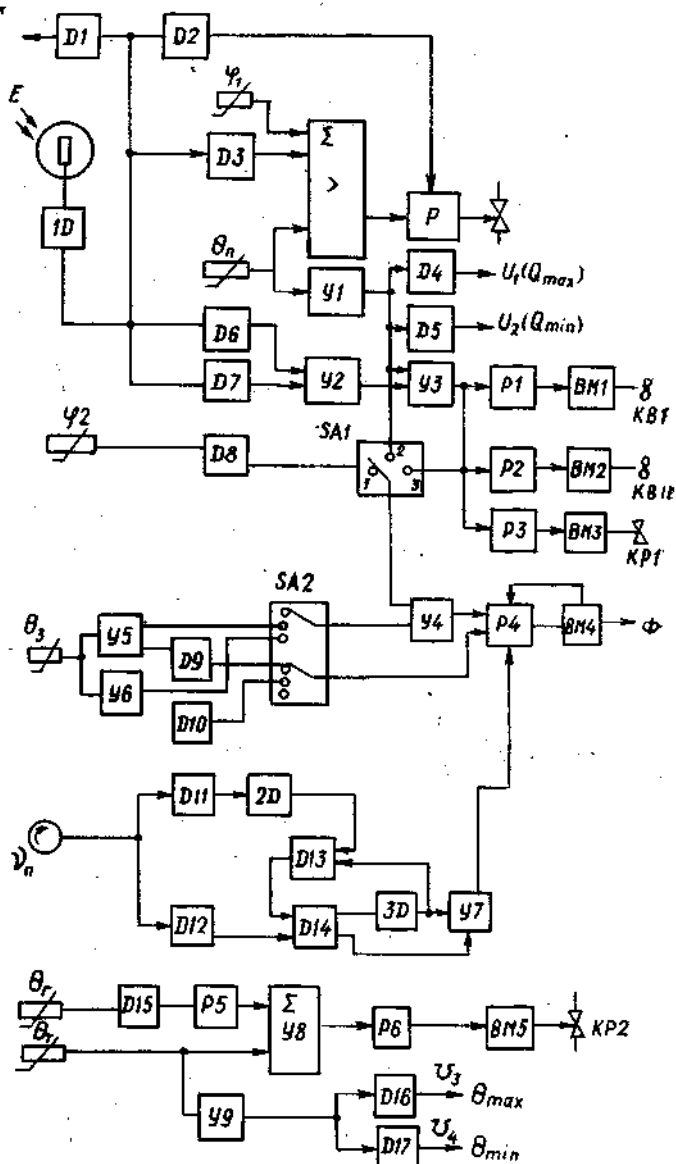
Недоліком комплектів КТ-1 і УТ-12 є автономність усіх контурів управління, що суттєво погіршує якісні показники всієї системи управління мікрокліматом.

3. Комплект «Тельтов» є найбільш досконалою системою автоматичного управління мікрокліматом у 10 автономних теплицях з коригуванням по збуренням. Регулювання температури здійснюється за принципом багатопозиційного регулювання, але карта роботи виконуючих механізмів відрізняється від попередньої величиною установок (табл. 3.3).

На рис. 3.4 зображена схема автоматичної системи управління мікрокліматом «Тельтов».

Поточна температура повітря в кожній теплиці $\Theta_{\text{п}}$ вимірюється 4 датчиками температури. Сигнал розбалансу з підсилювача У1 надходить до порогових елементів D4 і D5, які спрацьовують в разі досягнення граничних відхилень температури Θ_{max} і Θ_{min} .

Установка регуляторів температури P1—P3 коригується підсилювачем — суматором У2 як сума сигналів, пропорційних заданому значенню нічної температури (з елемента D6) та рівню освітленості (з елемента D7). Поточний рівень освітленості E в межах 0—50 клк вимірюється фотодатчиком BL, перетворюється на постійну напругу 0—2,5 В, і через елемент витримки часу 1D та порогові елементи D6 і D7 надходить до підсилювача У2. Витримка часу в елементі 1D потрібна для забезпечення нечутливості схеми коригування температури при короткочасних спалахах світла.



3.4. Функціональна схема автоматичної системи управління мікрокліматом у теплиці

З підсилювача УЗ сигнал надходить до ПІ-регулятора РЗ, який управляє за допомогою виконавчого механізму ВМЗ триходовим регулюючим клапаном КР1 водотрубного обігріву, а також на двопозиційні регулятори Р1 і Р2, які управляють за допомогою виконавчих механізмів ВМ1, ВМ2 двома групами калориферів КВ1 і КВ2.

Якщо система обігрівання теплиці має окремі контури управління ґрунтовим і повітряним обігрівом, то при пониженні температури регулятор РЗ перемикається на управління повітряним обігрівом тільки після того, як ґрунтовий обігрів працюватиме на повну потужність.

Система автоматичного управління температурою ґрунту складається з двох контурів: внутрішнього малоінерційного контура стабілізації температури теплоносія Θ_t з ПІ-регулятором Р6 і зовнішнього інерційного контура з ПІ-регулятором Р5, який змінює задану установку ПІ-регулятора залежно від температури ґрунту Θ_g . Відхилення температур ґрунту і теплоносія від заданих вимірюються відповідними датчиками, через елемент D15, регулятор Р5 і підсилювач-суматор У8 надходять до регулятора Р6, який за допомогою виконавчого механізму ВМ5 та регулюючого клапана КР2 управляє температурою води в системі ґрунтового обігріву. При обмеженій потужності системи обігрівання контур управління температурою ґрунту має пріоритет по відношенню до контура управління температурою повітря. Переключення ПІ-регулятора температури теплоносія на обігрів повітря відбувається лише після того, як ґрунтовий обігрів вмикається на повну потужність.

При перегріві повітря до Θ_{\max} автоматично вмикається система вентиляції.

Система управління вентиляцією складається з перемикача SA1, підсилювача-суматора У4, пропорційного регулятора Р4, виконавчого механізму ВМ4 та вентиляційних фрамуг Φ . Залежно від стану перемикача SA1 регулятор Р4 працює як стабілізатор температури без коригування освітленості (положення 2) або регулює температуру відповідно з рівнем освітленості (положення 3) чи працює від датчика відносної вологості ψ_2 в режимі осушення повітря методом «сухого опалення» (положення 1). Регулятор Р4 охоплений жорстким зворотнім зв'язком по положенню виконавчого механізму ВМ4, що сприяє підвищенню якості управління фрамугами Φ .

Цей же канал управління виключає можливість надходження до теплиці холодного повітря при зниженні температури зовнішнього повітря Θ_3 до мінімальної. Сигнал

від датчика зовнішньої температури через підсилювачі У5, У6 і перемикач SA2 надходить до регулятора Р4, який за допомогою ВМ4 закриває фрамуги.

По другому каналу через порогові елементи D9 і D10 до регулятора Р4 надходить сигнал блокування, який забороняє відкриття фрамуг від команд, що надходять з перемикача SA1. Робота регулятора Р4 на відкриття фрамуг блокується в разі зниження зовнішньої температури до (0—15 °С).

Система вентиляції має змінне обмеження ступеня відкриття фрамуг, яке залежить від зовнішньої температури. Величина зовнішньої температури обмежує відкриття вентиляційних фрамуг в діапазоні 4—40 %/град.

При зниженні зовнішньої температури до мінімальної, а також при підвищеній швидкості вітру відбувається примусове закриття вентиляційних фрамуг.

Швидкість вітру вимірюється анемометром ВR, напруга з якого надходить до порогових елементів D11 і D12, які визначають відповідно мінімальне і максимальне значення швидкості вітру. Якщо при закритих фрамугах швидкість вітру досягне максимального значення, то через пороговий елемент D12, логічний елемент «АБО» D14 та підсилювач У7 на регулятор Р4 надходить сигнал, що блокує відкриття фрамуг від будь-яких інших сигналів.

Якщо фрамуги були відкриті, то сигнал з елемента D14 через елемент витримки часу 3D (<1 хв) та підсилювач У7 надходить до регулятора Р4 і викликає примусове закриття фрамуг. Таким чином, короткочасне підвищення швидкості вітру не викликає закриття фрамуг, а лише блокує їх відкриття.

При зменшенні швидкості вітру спрацьовує пороговий елемент D11 і після витримки часу (2D) сигналами на виходах елементів D13 і D14 заборона на відкриття фрамуг знімається.

Управління зволоженням повітря в теплиці здійснюється двопозиційним регулятором Р і виконавчим клапаном КР системи зволоження за сигналами від датчика вологості ψ_1 або датчиків температури повітря Θ_d .

Задане значення мінімальної відносної вологості повітря коригується через елемент D3 від датчика ВL залежно від освітленості. Датчик ψ_1 контролює відносну вологість в межах від 45 до 83 %, а коригування по освітленості відбувається в межах 1...7 %. При зменшенні освітленості до заданого рівня елемент D2 блокує схему включення зволоження.

Управління поливами здійснюється за програмою в та-

кій послідовності: пуск, робота, повторний пуск, переривання програми поливу в разі появи команди на зволоження, відновлення поливу після закінчення циклу зволоження і зупинка.

Зупинка програми відбувається також при підвищенні температури поливної води або в разі припинення її подачі, а також при зниженні освітленості нижче 2 клк.

Система управління мікрокліматом «Тельтов» передбачає автоматичне трипозиційне регулювання вологості повітря. При відхиленні відносної вологості від заданої вмикається система автоматичного управління зволоженням або осушенням повітря. Осушення повітря здійснюється методом «сухого опалення» шляхом підвищення температури повітря за рахунок калориферного обігрівання з наступним відкриванням вентиляційних фрамуг. При цьому автоматична система управління температурою повітря блокується.

При зменшенні вологості або критичному зростанні температури повітря на 10° вище заданої «сухе опалення» припиняють.

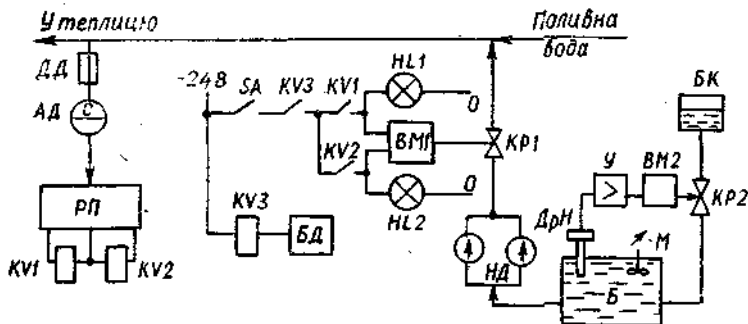
Вночі для зменшення теплових витрат під дахом розгортається теплозахисний екран. Вдень він запобігає радіаційному перегріванню рослин, автоматично розгортаючись при освітленості $E > E_{\max}$.

Система автоматичного управління підживленням рослин вуглекислим газом функціонує лише за умов $E > E_{\min}$, $\phi < \phi_{\max}$ по концентрації CO_2 , яка вимірюється газоаналізатором. Виконавчі механізми приводяться в дію двопозиційними регуляторами.

3.6. АВТОМАТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ КОНЦЕНТРАЦІЄЮ РОЗЧИНУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Система автоматичного управління концентрацією розчину мінеральних добрив (рис. 3.5) призначена для контролю концентрації та стабілізації її в межах, заданих агротехнічними вимогами. Концентрований розчин мінеральних добрив готують в спеціальному басейні Б, звідки насоси-дозатори *НД* подають його через регулюючий клапан *КР1* в поливну воду. Насоси *НД* вмикаються періодично від реле пускових аналогічно вмиканню поливних насосів *НП*.

Концентрація добрив вимірюється по електропровідності живильного розчину в магістральному трубопроводі за ділянкою зміщення концентрованого розчину і поливної води. В трубопроводі встановлено датчик *ДД* кондукто-



3.5. Схема автоматичного управління концентрацією мінеральних добрив

метричного типу з температурною компенсацією, що підключений через аналізатор добрив АД до двопозиційного регулятора РП. Регулятор управляє виконавчим механізмом ВМ1 за допомогою реле КВ1 «Концентрація більше» і КВ2 «Концентрація менше». Якщо концентрація знаходиться в межах заданої (0,02—0,035 См/см), регулятор відключає виконавчий механізм.

Враховуючи суттєву величину транспортного запізнення, для поліпшення якості двопозиційного регулювання використовується імпульсний перервник: реле КВ3 і генератор імпульсів БД з періодом 20 с.

Іншим, не менш важливим, завданням регулювання є стабілізація кислотно-лужної реакції розчину (рН), яку регулюють на етапі приготування концентрованого розчину в межах 5,4—6,4 за допомогою електродного датчика потенціометричного типу ДрН, точність якого досягає 0,1 рН. При відхиленні рН від заданого виконавчий механізм ВК2 змінює ступінь відкриття регулюючого клапана КР2. Це веде до зміни подачі з бака БК спеціального розчину, що коригує значення рН в басейні Б. Мішалка М прискорює вирівнювання концентрації мінеральних добрив і рН по всьому об'єму.

Такі системи регулювання концентрації добрив вирішують задачу стабілізації режимних параметрів на вході в об'єкт і задовільно працюють лише при технології вирощування рослин з циркуляцією розчину поживних речовин (гідропоніка, водна, тонкоплівкова культура). Грунтова або субстратна технологія, які не передбачають повернення живильного розчину в систему, потребують урахування буферності, водоутримуючої здатності і можливості засолення субстрату. В цьому випадку необхідний

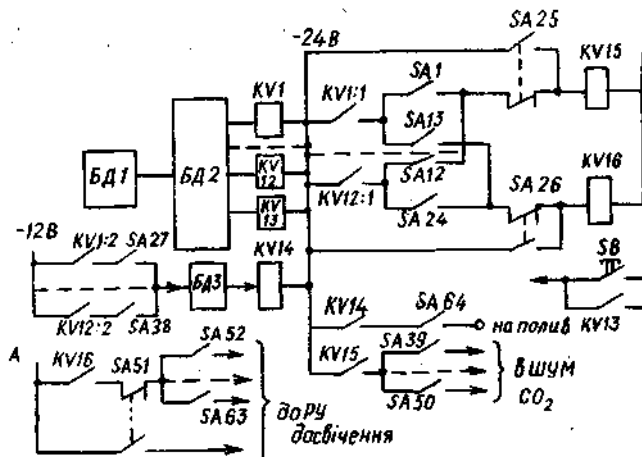
зворотній зв'язок по параметрах субстрату шляхом установки датчиків безпосередньо в ньому. Проблема полягає у відсутності надійних датчиків.

3.7. АВТОМАТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ПІДЖИВЛЕННЯМ ВУГЛЕКИСЛИМ ГАЗОМ І ДОСВІЩЕННЯМ РОСЛИН

Додаткове опромінювання і вуглекислота потрібні рослинам для підсилення фотосинтезу. Вміст вуглекислоти в теплиці підвищують шляхом спалення природного газу в спеціальних пальниках (газогенератори Г—4,5) або відпрацьованим газом з котельної.

Управління здійснюється за заданою програмою з 24-годинним циклом за допомогою реле часу (рис. 3.6). Генератор імпульсів Г1 подає імпульси періодичністю 2 год на вхід 12-позиційного кільцевого лічильника БД. Реле КV1—КV12 спрацьовують з інтервалом 2 год, забезпечуючи роботу проміжного реле КV15. Реле КV15 управляє газогенераторами CO₂, розміщеними в теплицях. Після відключення реле КV12 система повертається до вихідного стану.

При наявності газоаналізатора («Тельтов») регулювання концентрації CO₂ здійснюється по двопозиційному закону. Якість регулювання забезпечується за рахунок двох автономних двопозиційних регуляторів, уставки яких відрізняються на 0,04 %. Це забезпечує ввімкнення виконавчих механізмів і регулюючих клапанів двох груп газогенераторів.



3.6. Схема автоматичного управління досвіщанням і підживленням вуглекислим газом

нераторів. Вмикання схеми підживлення CO_2 автоматично блокується при зниженні рівня освітленості, при відкритих фрамугах і підвищеній відносній вологості в теплиці.

Досвічення рослин здійснюють за допомогою опромінюючих установок ОТ-400 з ртутними лампами ДРЛФ-400 в програмному або автоматичному (за допомогою датчика освітленості) режимі управління. При рівні освітленості нижче 5 клк п'ять опромінюючих установок в розсадній теплиці вмикаються з регульованим інтервалом від 0,5 до 6 хв. Це виключає токові сплески, що можуть виникати при одночасному вмиканні всіх ламп. Крім того, пороговий пристрій має затримку 1—3 с, що забезпечує нечутливість до короткочасних спалахів світла.

Контрольні запитання

1. Перерахуйте види споруд закритого ґрунту та їх призначення.
2. Що таке мікроклімат споруд закритого ґрунту і якими факторами визначається?
3. Які фактори відносяться до управляючих, а які — до збурюючих?
4. В чому особливості теплиці як об'єкта управління?
5. Які комплекти тепличної автоматики вам відомо?
6. Перерахуйте шляхи економії теплоенергетичних ресурсів.
7. Які процеси в закритому ґрунті повністю автоматизовані, а які потребують автоматизації?
8. Які датчики використовують для контролю і управління процесами вирощування рослин?
9. Які регулятори використані для регулювання температури в теплицях?
10. Від чого залежить точність підтримання температури в теплиці?

4. АВТОМАТИЗАЦІЯ СХОВИЩ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

4.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Сховища сільськогосподарської продукції призначені для зберігання зерна, соковитих кормів, комбікормів, картоплі, овочів, фруктів тощо. Зберігання великої маси продукції в обмеженому об'ємі висуває специфічні вимоги до систем автоматизації.

Особливо небезпечними є окремі вогнища загнивання, які швидко розповсюджуються по об'єму продукції, що зберігається. Для запобігання цьому явищу використовують метод активної вентиляції з інтенсивністю до $300 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 т продукції. Температура повітря, особливо взимку, повинна витримуватись у допустимих межах, щоб не допустити пошкодження продукції. Тому в окремих випадках сховища обладнують калориферами для підігрівання повітря взимку або холодильними агрегатами

для охолодження повітря влітку і восени. Найважливішими параметрами мікроклімату, що підлягають контролю і регулюванню, є температура і вологість.

4.2. АВТОМАТИЗАЦІЯ МІКРОКЛІМАТУ В ОВОЧЕСХОВИЩАХ

Автоматизація мікроклімату в овочесховищах здійснюється з урахуванням агротехнічних вимог на зберігання окремих видів сільськогосподарської продукції. Основним діючим фактором є активна вентиляція, яка забезпечує видалення надмірної вологи з поверхні коренеплодів і овочів, а також сприяє вирівнюванню волого-температурних полів в об'ємі зберігаємої продукції.

Повітря в масу зберігаємої продукції подають за допомогою припливних вентиляційних систем, обладнаних відцентровими або осьовими вентиляторами. Режим роботи вентиляційної системи залежить від температури зовнішнього повітря і технології зберігання продукції. Наприклад, технологія зберігання картоплі передбачає три режими: лікувальний, охолодження і зберігання.

У лікувальний період, який триває 2 тижні температура картоплі підтримується на рівні $+14...18^{\circ}\text{C}$ при мінімальному повітрообміні і високій відносній вологості (понад 90 %). При закладанні вологої картоплі її підсушують активною вентиляцією повітрям вологістю не більше 80 %.

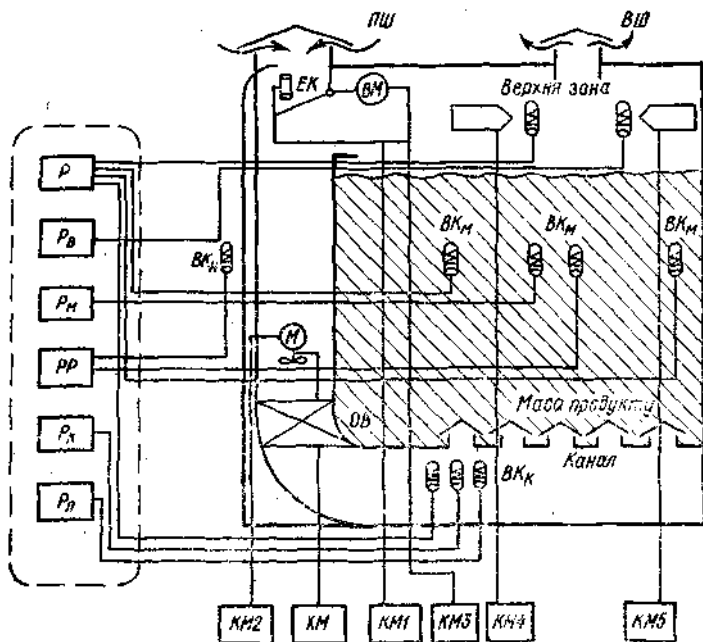
У період охолодження температуру картоплі знижують до $2-4^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю $0,5-0,6^{\circ}\text{C}$ на добу при максимальній вологості повітря 100 %. Період охолодження становить 20—25 діб.

Період зберігання — основний період. Температура в об'ємі картоплі підтримується на рівні $+3...4^{\circ}\text{C}$. Відносна вологість максимальна. Вентиляція здійснюється зовнішнім повітрям або сумішшю внутрішнього та зовнішнього повітря (взимку).

Аналогічні агротехнічні вимоги до систем автоматичного управління розроблені й для інших видів овочів.

Для автоматичного управління мікрокліматом овочесховищ розроблені дві системи обладнання: ОРТХ і «Середовище».

Обладнання ОРТХ призначене для підтримання температурного режиму повітря і маси зберігаємої продукції в сховищах до 1000 т. (рис. 4.1). Автоматичне управління здійснюється за допомогою шафи автоматичного управління активною вентиляцією ШАУ-АВ (рис. 4.2). Температуру зовнішнього і внутрішнього повітря, повітря в вентиля-



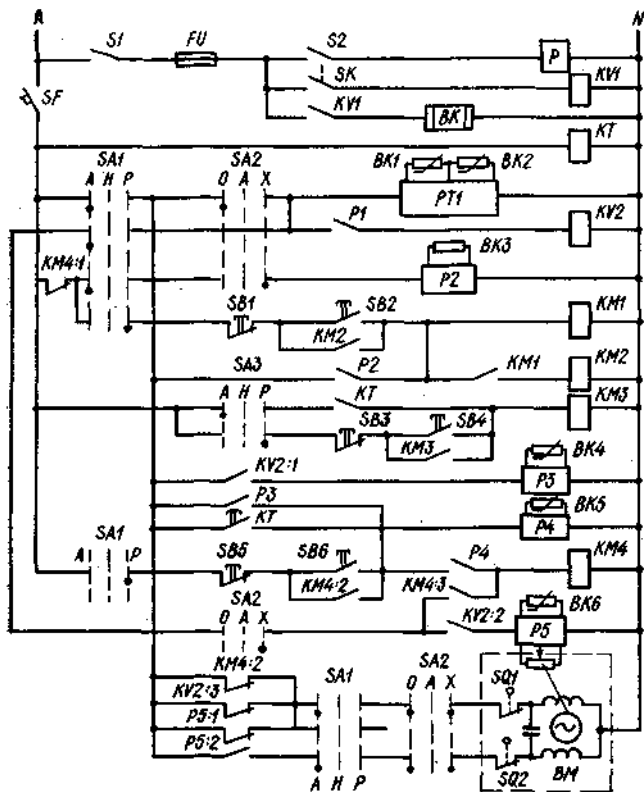
4.1. Схема розміщення технологічного обладнання для управління мікрокліматом овочесховища

ційному каналі, а також температуру продукції контролюють датчики температури $ВК1-ВК6$ і логометр.

Перемикачами $SA1$ і $SA3$ здійснюється вибір управління: ручний або автоматичний. При ручному управлінні кнопки $SB1$ і $SB2$ управляють вентиляторами і калориферами двох рециркуляційно-опалювальних систем, $SB3$ і $SB4$ — підігрівачем змішувального клапана, $SB5$ і $SB6$ — припливною вентиляцією.

При автоматичному управлінні (перемикач $SA1$ в положенні A) робота схеми залежить від періоду зберігання. В лікувальний період (перемикач $SA2$ в положенні L) працює вентилятор припливної вентиляції. Періодично (згідно з уставкою програмного реле часу) він вмикається на 30 хв магнітним пускачем $КМ4$.

У період охолодження (перемикач $SA2$ в положенні O) в дію вводиться диференційний терморегулятор $P1$ (типу ПТРД-2), який порівнює температуру продукції і повітря. При різниці температури більше $2-3^{\circ}C$ регулятор $P1$ вмикає проміжне реле $КВ2$. Своїми контактами $КВ2-1$ реле вмикає регулятор $P3$ (ПТР-2) і з витримкою часу — регу-



4.2. Принципова електрична схема автоматичного управління мікро-кліматом в овочесховищі

лятор $P4$. В результаті пускач $KM4$ вмикає вентилятор і пропорційний терморегулятор $P5$ (ПТР-П), який стабілізує температуру повітря в системі припливної вентиляції. При відхиленні цієї температури від заданої терморегулятор $P5$ вмикає виконуючий механізм заслінки змішувального клапана. Заслінка повертається в таке положення, при якому співвідношення рециркуляційного і зовнішнього повітря забезпечує потрібну температуру. Охолодження триває доти, поки температура продукції не досягне заданого значення, після чого регулятор $P3$ вмикає припливний вентилятор.

У період зберігання (перемикач $SA2$ в положенні X) вентилятор вмикається контактами KT програмного реле часу для вирівнювання температурних градієнтів у масі

продукту. При цьому через контакти КМ4-3 вводяться в дію реле КV2 і терморегулятори P1, P3. В подальшому схема працює, як і в режимі охолодження.

Якщо температура в верхній частині сховища (BK3) стає менше заданої, що може призвести до випадання конденсату, спрацьовує терморегулятор P2, який через магнітні пускачі КМ1 і КМ2 вмикає рециркуляційно-опалювальні агрегати. При зниженні зовнішньої температури до -15°C вмикається підігрівник змішувального клапана.

Обладнання «Середовище-1» призначене для автоматичного контролю, вимірювання й регулювання температури в багатосекційних сховищах (до 8 секцій). Система забезпечує управління температурою продукту і повітря в верхній зоні сховища, стабілізацію температури припливного повітря в межах $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Контроль температури здійснюється в 39 точках сховища.

Датчики температури продукту встановлені на глибині 0,5—0,7 м — по одному датчику для двопозиційного регулятора P_m і для регулятора різниці температур PP і по 3—4 датчика для контролю температури продукту за допомогою логометра P.

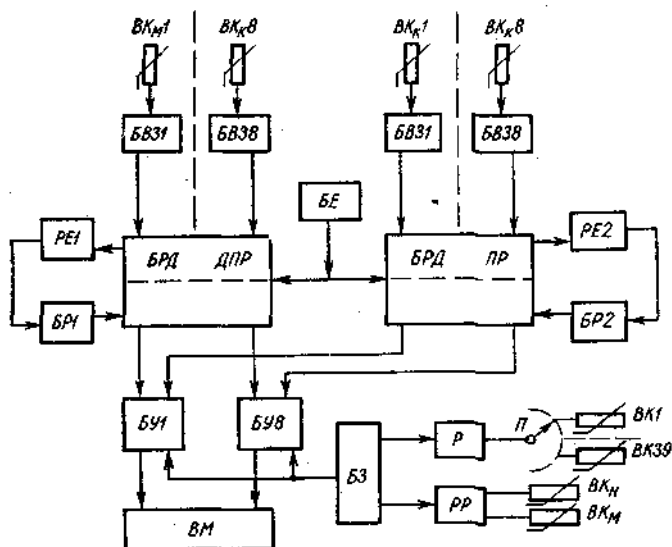
Датчики температури верхньої зони BK_v встановлені на половині вільної висоти зони — один датчик для логометра P, а інший — для двопозиційного регулятора P_v , що управляє вмиканням і вимиканням рециркуляційно-опалювальних агрегатів.

Датчики температури BK_k встановлені в каналі подачі повітря після вентилятора перед розподільними клапанами: один датчик для логометра P, другий для двопозиційного регулятора P_k (вмикання — вимикання вентилятора), третій для регулятора пропорційної дії P_k (положення змішувального клапана).

Датчик зовнішньої температури BK_n встановлений на відстані 0,5 м від сховища і захищений від прямої дії сонячних променів. Обладнання функціонує автоматично по сигналам регуляторів або вручну за допомогою магнітних пускачів КМ-1—КМ-5.

У багатоканальній системі «Середовище-1» (рис. 4.3) відхилення температури від заданої визначається в блоці вимірювань і завдань БВЗ і по чергово надходить на терморегулятори. Блоки БРД виконують роль комутаторів двопозиційного (ДПР) і пропорційного (ПР) регуляторів температури.

Електронні реле PE1 і PE2 перетворюють аналоговий сигнал в цифровий і передають в блоки електромагнітних реле BP1 і BP2. Сигнали з блоків BP1 і BP2 надходять до



4.3. Функціональна схема багатоканальної системи управління мікрокліматом «Середовище-1»

відповідних блоків управління *БУ*, які формують сигнали управління виконавчими механізмами *ВМ* і забезпечують підтримання необхідної температури.

Таким чином, блоки *БВЗ*, *РЕ* і *БР* утворюють регулятори з двопозиційними і пропорційними зонами регулювання, а блоки комутаторів *БРД ДПР* і *БРД ПР* — синхронний автоматичний перемикач для почергового опитування датчиків. Ними ж здійснюється синхронне почергове підключення виконавчих механізмів для управління температурою у відповідних секціях сховища. Електронний блок *БЕ* генерує імпульси, які переключають комутатори *БРД* з заданою періодичністю.

Порівняно із системою *ОРХТ* обладнання «Середовище-1» має більш широкі функціональні можливості. Крім установок активної вентиляції і опалення, система включає в себе холодильні агрегати, що дає можливість зберігати продукцію протягом усього року.

4.3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ФРУКТОСХОВИЩ

Комплект електрообладнання для фруктосховищ забезпечує автоматичне управління мікрокліматом у камерах зберігання фруктів; управління роботою конденсатор-

ного і випаровувального обладнання, захист компресорів охолоджувальних машин та сигналізацію нормальних і аварійних режимів роботи. Один комплект може автоматично управляти 2—4 камерами.

Система автоматичного управління мікрокліматом призначена для підтримання в камерах заданих значень температури, вологості повітря, циклічного його перемішування в камерах; вмикання і вимикання установок припливної та витяжної вентиляції, а також для контролю за станом температури і вологості повітря в камерах і окремих точках холодильної установки.

Електрична схема управління мікрокліматом у фруктосховищі зображена на рис. 4.4. Напруга на схему подається кнопкою *SB6*. У разі необхідності можливе відключення всіх агрегатів за допомогою *SB1—SB5*, розташованих в різних місцях фруктосховища.

Схема управління температурою і відносною вологістю повітря вмикається автоматом *SF1*. Перемикач *SA1* задає режим роботи системи: ручний (1) або автоматичний (2).

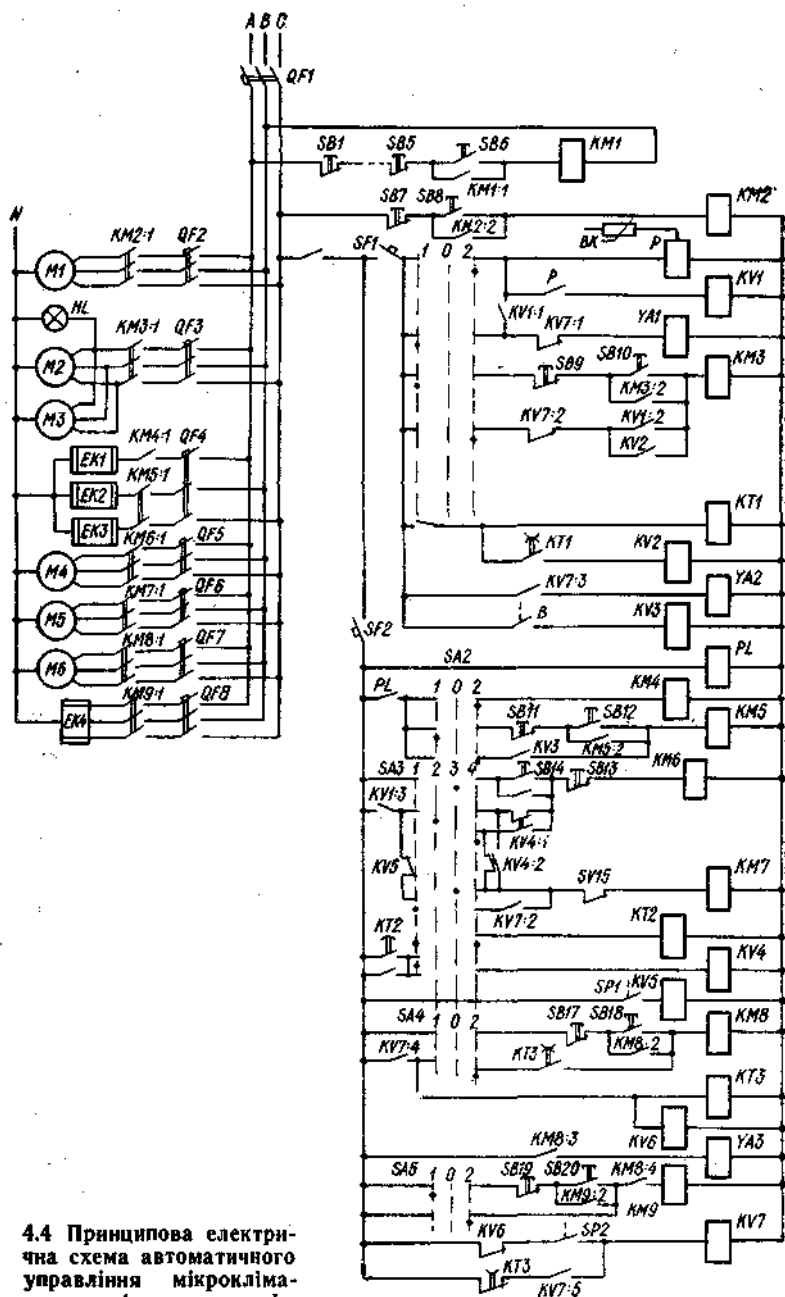
В автоматичному режимі при підвищенні температури в камері спрацьовує терморегулятор *P*, який через реле *KV1* вмикає електромагнітний аміачний клапан *УА1*, вентилятори повітроохолоджувальних установок *М2*, *М3* та один з аміачних насосів (*М4* або *М5*) подачі аміака як холодоносія в охолоджувальні камери. Коли температура в камері досягає заданого значення, контакти терморегулятора розмикаються і все електрообладнання відключається.

Режим роботи аміачних насосів встановлюється перемикачем *SA3*: 1 — обидва насоси відключені, 2 — робочий насос *М4* (*М5* в резерві), 3 — ручне управління, 4 — робочий насос *М5* (*М4* в резерві).

При вдалому запуску насоса спрацьовує датчик тиску *SP1*, який вмикає проміжне реле *KV5*. Реле *KV5* одним контактом подає напругу на включення компресорів холодильної установки, а іншим — вмикає реле затримки часу *KT2*, призначене для включення резервного насоса.

При невдалому запуску або при зменшенні тиску аміака в системі робочого насоса датчик *SP1* розмикає реле *KV5*, що призводить до спрацювання реле *KT2*. З затримкою 10 с реле *KT2* вмикає реле *KV4*, яке підключає резервний насос.

Відносна вологість повітря в камері фруктосховища підтримується регулятором вологості *B*. При пониженні вологості повітря контакти *B* вмикають реле *KV3*, яке підключає додаткові секції електропароутворювачів *EK2* і



4.4 Принципова електрична схема автоматичного управління мікрокліматом у фруктосховищі

ЕКЗ. При досягненні заданої вологості подача пара припиняється. Підігрівник *ЕК1* ввімкнений для запобігання замерзанню води при низьких зовнішніх температурах.

Схема передбачає захист пароутворювача від «сухого ходу» за допомогою регулятора рівня води *PL*. При зниженні рівня води регулятор розмикає контакти *PL* і відключає нагрівник *ЕК1—ЕКЗ*.

Для рівномірнішого розподілу волого-температурного поля всередині об'єма камери передбачене циклічне перемішування повітря за допомогою вентиляторів. Режим управління роботою вентиляторів (тривалість роботи і час включення — відключення) забезпечується програмним реле *KT1*, яке вмикає електродвигуни *M2* і *M3* вентиляторів.

Системою автоматики передбачене управління процесом видалення льоду (снігової шуби), яка нарастає на поверхні охолодників. Режим роботи встановлюють перемикачами *SA4* і *SA5*. В автоматичному режимі наявність «шуби» встановлює реле тиску *SP2*, яке сприймає різницю в тиску до і після охолодника. При обмерзанні повітропроводів ця різниця збільшується, що призводить до замикання контактів *SP2* і спрацювання реле *KV7*. Реле *KV7* своїми контактами відключає магнітний пускач *KM3* вентиляторів охолодників і аміачний клапан *УА1*. Одночасно воно вмикає електромагнітний клапан *УА2* води відтаювання, а іншою групою контактів — реле затримки часу *KT3* і реле *KV6*. Реле *KV6* вмикає реле *KV7*. Із затримкою 3 хв, достатньою для виходу аміака з охолодника, контактом *KT3* вмикається пускач *KM8*, який включає насос *M6* води відтаювання і електромагнітний клапан виходу води *УА3*. Магнітний пускач *KM9* вмикає додаткову секцію нагрівників води *ЕК4*. Через 27 хв контактом *KT3* насос *M6*, нагрівник *ЕК4* і клапан *УА3* вимикаються. Цикл відтаювання закінчений і через 3 хв (за цей час з охолодника збігає вода) реле *KV7* повертається в початкове положення і знову вводить в автоматичну роботу ланки управління аміачним клапаном *УА1* і електроприводами *M2* і *M3* вентиляторів охолодників.

Крім пристроїв управління мікрокліматом в камерах, комплект автоматики містить в собі автоматичні системи управління рівнем аміака, компресорами; управління повітряною завісою, яка вмикається при відкритті камер, а також прилади контролю, сигналізації і захисту електрообладнання.

4.4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ, КОНТРОЛЮ І СОРТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В СХОВИЩАХ

Продукцію, що закладається на тривале зберігання, контролюють перед закладкою, відвантажуванням споживачу і під час зберігання.

Перший і останній етапи контролю потребують проведення спеціальних аналізів у лабораторних умовах. При цьому визначається хімічний склад продукції, вміст білків, клейковини, токсичних речовин та інші показники, що визначають якість продукції. Враховуючи велику кількість зразків і значну трудомісткість аналізу, такі лабораторії повинні бути оснащені сучасним обладнанням для автоматизованого контролю якості і реєстрації даних в пам'яті ЕОМ.

Для успішного зберігання продукції треба безперервно контролювати стабільність тепло- і масообмінних процесів у масі рослинної продукції. Найнебезпечнішим є процес саморозігрівання рослинної маси, що супроводжується лавиноподібним зростанням температури і виділенням вологи в місці локального розігрівання. Саморозігрівання виникає внаслідок біохімічних процесів, що починаються при недотриманні технологічних режимів зберігання (підвищена вологість повітря, погана вентиляція, короткочасний вплив від'ємних температур).

Явище самозігрівання супроводжується локальною зміною температури, або вологості рослинної маси в осередку самозапалення. Тому найефективнішим є контроль розподілу температури і вологості рослинної маси, шляхом встановлення датчиків на певній відстані один від одного.

Для зменшення нерівномірності теплофізичних властивостей продукції, що закладається на зберігання, вона повинна проходити етап попереднього сортування. На даний час розроблені пристрої для автоматичного сортування продукції залежно від її оптичних, тепло- і електрофізичних властивостей.

Наприклад, функціонування установки для автоматичного сортування картоплі ґрунтується на оптичному принципі. Спектральні характеристики хворих і непошкоджених клубнів в інфрачервоному діапазоні (0,95—1,25 мкм) суттєво розрізняються. Електронний блок розпізнає каміння, грудки, а також пошкоджені і гнилі клубні і відбраковує їх за допомогою електромеханічного виконавчого механізму. Роликовий транспортер забезпечує пропускну здатність сортувальної установки до 6 клубнів/с або майже 2 т/год.

Плоди томатів сортують за механічними і оптичними властивостями. За пружністю і твердістю шкірки визначається лежкість. Оптичні властивості (колір у видимому діапазоні) дозволяють розподілити томати за стиглістю на три фракції — зелені, бурі, червоні.

Аналогічно сортують і рослинницьку сировину — листя тютюну. Сортувальна установка визначає процент темної зелені на площі листа і залежно від цього листа поділяють на три сорти. Спектрометричний блок працює разом з обчислювальним пристроєм, який аналізує набір спектральних властивостей листа в діапазоні 0,4—0,8 мкм і подає відповідні команди на виконуючі механізми (пневмоклапани). Пропускна здатність установки становить до 10 листів/с або 65 кг/год.

Для сортування яблук пошкоджених або з ураженою поверхнею, використовуються скануючі прилади. Видиме світло від опромінювача освітлює поверхню плода. Інтенсивність відбитого світла аналізується інтегратором, в результаті чого формується сигнал, пропорційний площі пошкодження. Залежно від величини цього сигналу виконавчий механізм пропускає або відбраковує плід.

Електричні, оптичні, теплові й акустичні властивості продукції широко використовують при створенні нових приладів контролю стиглості кавунів, посівних властивостей насіння, вмісту жиру і білка в молоці, якості яєць та інше.

Контрольні запитання

1. Які особливості сховищ сільськогосподарської продукції як об'єктів управління? 2. Назвіть основні технологічні параметри, що підлягають контролю і управлінню в сховищах. 3. Які технологічні режими використані при зберіганні картоплі і чим вони обумовлені? 4. Яка основна небезпека при тривалому зберіганні сільськогосподарської продукції? 5. Яке технологічне обладнання застосовують для створення мікроклімату у сховищах? 6. Вкажіть місця розміщення датчиків температури і вологості. 7. Які закони управління реалізують терморегулятори сховищ? 8. Які принципи покладені в основу сортування сільськогосподарської продукції?

5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПТАХІВНИЦТВІ

5.1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ПТАХІВНИЦТВА

Способи утримання птиці. Птахофабрика — це спеціалізоване підприємство інтенсивного птахівництва м'ясного або яєчного напрямку. Корм для птиці отримують з комбі-

кормових заводів, продукція при цьому виробляється рівномірно і ритмічно протягом усього року. Розглядають такі способи вирощування та утримання птиці: підлоговий, клітковий та комбінований.

При *підлоговому утриманні* кури утримуються на підлозі пташника з можливим вигулом або без нього. При вигульному утриманні кури знаходяться на свіжому повітрі і самостійно знаходять корм: зелень, комах, мінеральні добавки тощо. При такому утриманні збільшуються затрати праці і обмежується концентрація поголів'я. Безвигульне підлогове вирощування та утримання курей передбачає використання глибокої підстилки на планчастій або сітчастій підлозі; добру вентиляцію, оптимальний світловий режим.

При цьому підвищується рівень механізації та автоматизації виробничих процесів, поліпшується продуктивність, зростає економічна ефективність виробництва.

При *клітковому утриманні* курей розміщують у кліткових батареях, які складаються з кількох ярусів кліток. У кожен клітку вміщують по 3—10 курей або 10—60 курчат. Розташування курей малими групами зменшує стресові ситуації при формуванні груп, полегшує спостереження за ними. Відносно обмежений рух курей у клітках призводить до зменшення затрат корму на 10—25 % порівняно з підлоговим утриманням при такій же продуктивності.

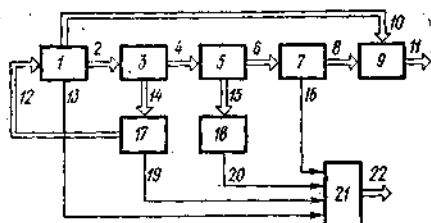
При клітковому утриманні збільшуються витрати металу, але відпадає потреба в підстилці і в 3—4 рази збільшується поголів'я на одиниці площі.

Комбіноване вирощування полягає в тому, що курчата до 1,5—2-місячного віку утримуються в клітках з обігрівом, а потім їх переводять на підлогове утримання в легких приміщеннях, що не опалюються. Такий спосіб застосовують на невеликих птахофабриках.

Технологічний процес виробництва яєць можна розглянути на прикладі птахофабрики із закінченим циклом, тобто від інкубаційного яйця до дієтичного та м'яса курей (рис. 5.1).

Технологічний процес виробництва дієтичних яєць починається в цеху 1 батьківського стада курей, який забезпечує господарство повноцінними інкубаційними яйцями. Батьківське стадо розміщується в пташниках до 10 тисяч голів, розділених на 4—5 секцій.

У цеху інкубації 3 яйця сортують, дезинфікують і закладають в інкубатори великими партіями для отримання курчат відповідно до заданого ритму виробництва. Потoki добових курчат 4 і 14 надходять із цеха інкубації до цеха



5.1. Схема технологічного процесу виробництва яєць:

1 — цех батьківського стада; 2 — потік інкубаційних яєць; 3 — цех інкубації; 4 — потік добових курчат; 5 — цех вирощування; 6 — потік молодняка; 7 — цех промислового стада курей; 8, 10 — потоки яєць; 9 — цех обробки яєць; 11 — потік дієтичних яєць; 12 — потік ремонтного молодняка; 13, 16, 19, 20 — потоки вибракуваних курей у цех переробки; 14, 21 — потік курчат; 17 — цех вирощування ремонтного молодняка батьківського стада; 15 — потік півників; 18 — цех відгодівлі; 22 — реалізація м'яса

вирощування 5 і цеха вирощування ремонтного молодняка батьківського стада 17.

У цеху вирощування 5 добових курчат розміщують в підготовленому продезинфікованому приміщенні і утримують до 140-денного віку залежно від способу утримання на підлозі, у клітках або комбіновано. Потім потік 12 кращих півників та курочок батьківської форми направляють до батьківського стада, а потік 6 молодняка цеху вирощування — для комплектування промислового стада 7, до 180-денного віку вони знаходяться в групі ремонтного молодняка. Півників відокремлюють від курочок в добовому або 30-денному віці і направляють в цех відгодівлі 18, де вирощуються на м'ясо з дотриманням спеціальних раціонів. Потік півників 20 яєчних порід здають на забій у віці 60.—90 днів при досягненні ними маси 700—1200 г.

Цех 7 промислового стада курей є основною ланкою, що видає дієтичні яйця. Курей тут утримують без півників у клітках. Потік яєць 8, зібраних від курей промислового стада і непридатних для інкубації батьківського стада 10, надходить до цеху обробки яєць 9, де їх сортують, миють, упаковують та відправляють для реалізації.

Основна продукція господарства яєчного напрямку — дієтичні яйця (потік 11), а допоміжна — м'ясо курей від вибракуваних (13, 19, 20, 16) курей, півнів та вигодованих півників.

У цеху переробки курей 21 проводять забій, обробку тушок, сортування, охолодження та пакування для реалізації.

Промисловий пташник яєчного напрямку є складним об'єктом управління (ОУ) з багатьма невизначеними зв'язками.

Аналіз ОУ ускладнюється також тим, що технологічні процеси в пташнику, які забезпечують одержання планової кількості яєць, відбуваються не при постійних режимах, що пояснюється наявністю значної кількості випад-

кових збурень. При цьому необхідно також відзначити, що для ОУ загальна кількість параметрів, які враховують при розрахунку значень управління досить велике.

Склад інформаційного потоку може бути знайдений методом експертних оцінок на трьох рівнях: технолога-оператора, бригадира, головних спеціалістів. Для забезпечення вірогідності результатів експертизи рекомендується використовувати метод рангової кореляції, який дозволяє визначити зв'язок між висновками групи експертів. Для птахофабрики яєчного напрямку, інформаційний потік може бути представлений трьома видами параметрів: технічними; технологічними; техніко-економічними.

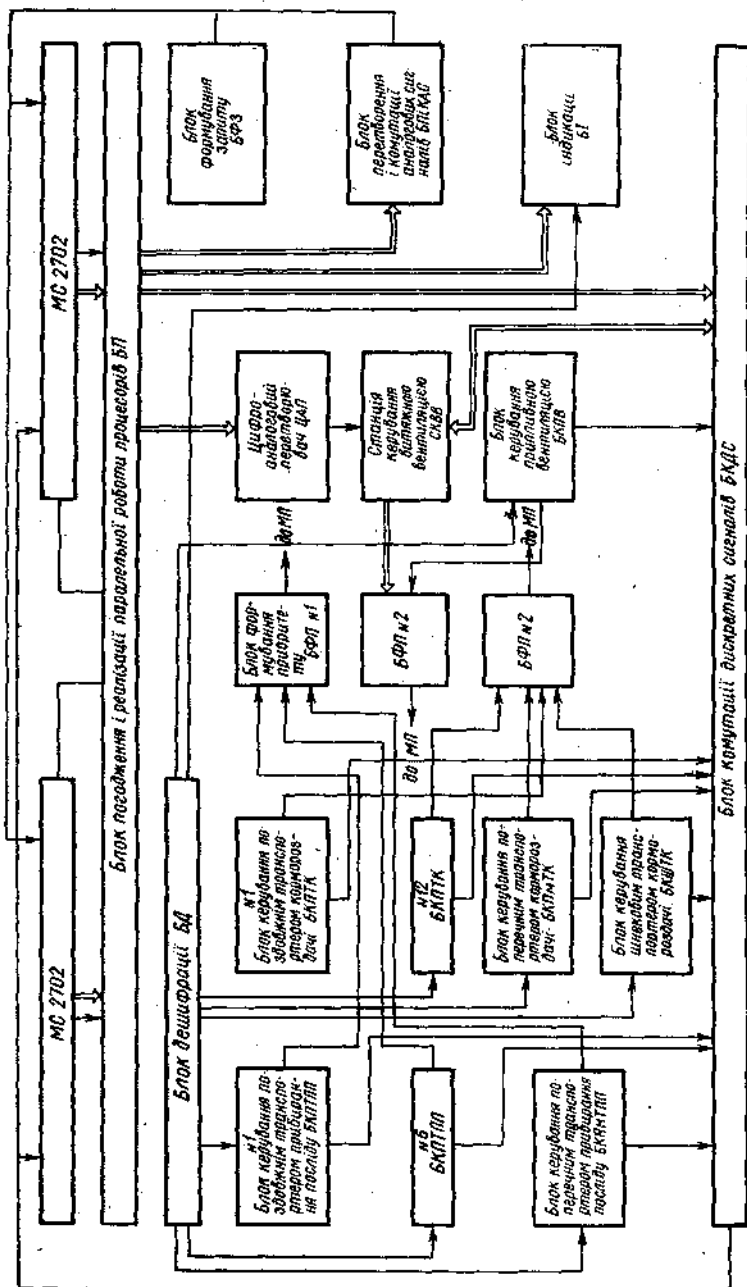
Перспективи розвитку автоматизації в птахівництві. На кафедрі автоматизації сільськогосподарського виробництва Національного аграрного університету була спроектована мікропроцесорна система контролю та управління технологічними процесами в пташнику. Фрагменти цієї системи були впроваджені на птахофабриці «Київська» і досягнуті високі економічні показники.

Принцип дії цієї системи зображений на блок-схемі (рис. 5.2). Керування технологічними процесами здійснюється за допомогою мікроконтролерів МС2721. Для підвищення надійності керування, робота контролерів дублюється. При виході одного мікроконтролера з ладу, він блокується і керування технологічними процесами та обладнанням бере на себе інший контролер. При цьому сигнал про пошкодження формується в блоці погодження та реалізації паралельної роботи процесорів (БП). При неузгодженні в керуючих сигналах з'являється сигнал про пошкодження, який надходить на обидва процесори. В результаті проходить автоматичне тестування обох процесорів, в ході якого визначають той, що вийшов з ладу. Дозвіл на керування від неробочого процесора при цьому буде відсутній.

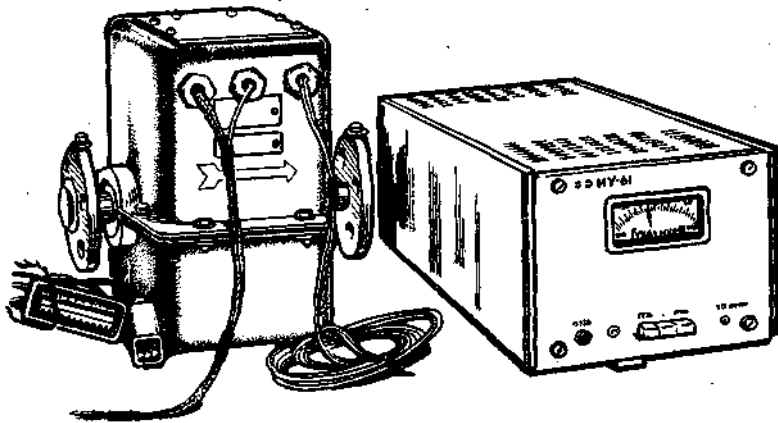
Керування в цьому випадку перейде до робочого процесора, а інформація через блок індикації (БІ) буде представлена оператору.

Сигнал керування із процесора поступає до БП, а звідти залежно від виду керуючого обладнання надходить на блок дешифрації (БД), або на цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП).

Для керування витяжною вентиляцією керуючий сигнал у вигляді паралельного восьмирозрядного коду поступає в ЦАП, де перетворюється на аналоговий сигнал у вигляді напруги і потрапляє на станцію керування витяжною вентиляцією (СКВВ). Керування іншим технологіч-



5.2. Блок-схема мікропроцесорної системи контролю та управління технологічними параметрами в ланцунку



5.3. Зовнішній вигляд витратоміра води IP-61

ним обладнанням здійснюється з БД шляхом формування на ньому керуючого сигналу.

Для керування процесом кормороздачі застосовані блок керування поздовжнім транспортером кормороздачі (БКПдТК) N1...N12, блок керування поперечним транспортером кормороздачі (БКПрТК), блок керування шнековим транспортером кормороздачі (БКШТК).

Для керування процесом видалення посліду сигнал з БД надходить до блоку керування поздовжнім транспортером прибирання посліду (БКПдТПП) N1...N6, а також на блок керування поперечним транспортером прибирання посліду (БКПрТПП).

Для керування припливною вентиляцією сигнал з БД надходить на блок керування припливною вентиляцією (БКПВ). При неполадці у колі керування електрообладнанням, при виході із ладу електродвигунів, при виході режимів роботи за межі номінальних в блок формування пріоритету (БФП) надходить сигнал, який формує сигнал переривання, що потрапляє в мікропроцесор.

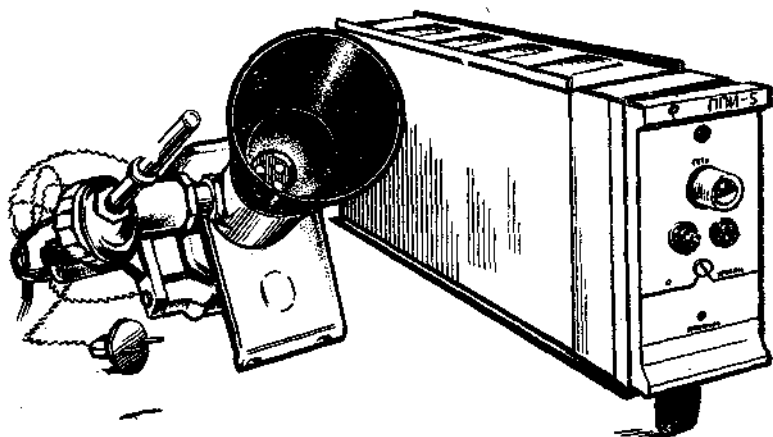
Інформація про відхилення та поточні значення (по запиті) параметрів технологічного процесу формується та виводиться в блоці індикації (БІ).

Запит про поточні значення параметрів мікроклімату формується в блоці організації запиту (БОЗ).

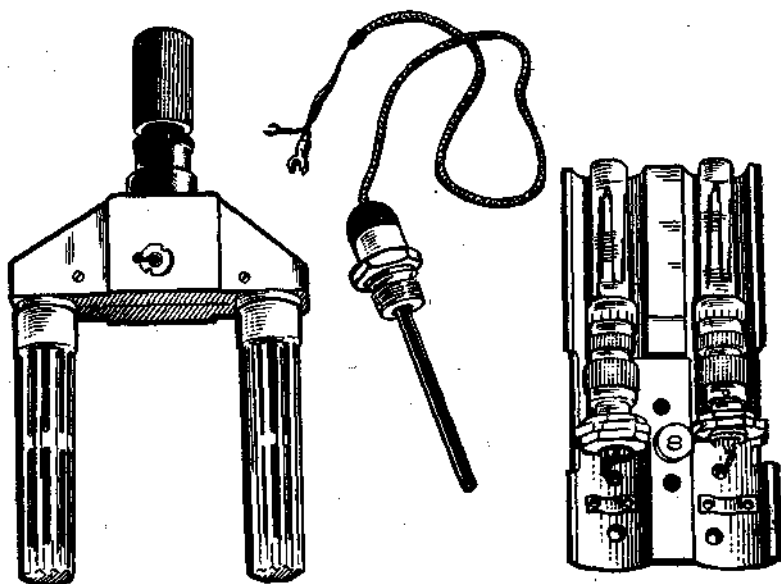
Перетворення аналогових сигналів і введення їх в мікропроцесор здійснюється в блоці перетворення та комутації аналогових сигналів (БПКАС).

У даній системі використані такі перетворювачі (рис. 5.3—5.5):

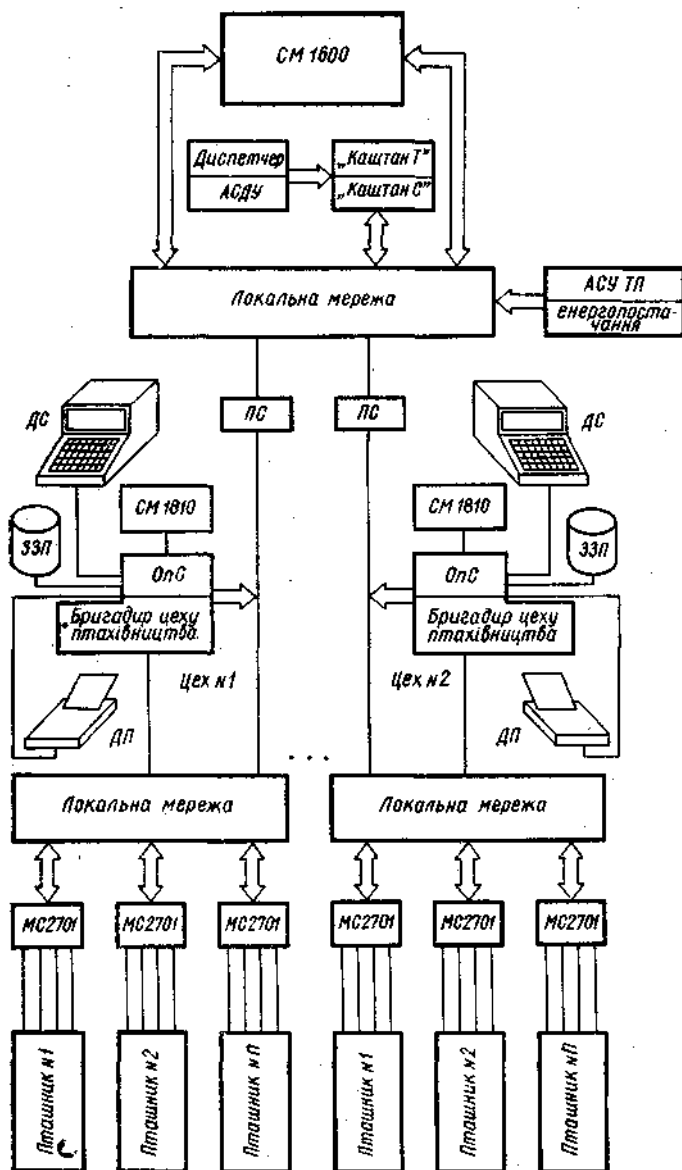
для вимірювання температури — датчики типу ТСМ;
для вимірювання вологості — датчики типу ДВ-1К;
для вимірювання витрати кормів — витратомір типу
ЕХО;
для вимірювання витрати води — витратомір типу ІР.



5.4. Зовнішній вигляд витратоміра кормів типу ЕХО



5.5. Зовнішній вигляд датчиків температури та вологості



5.6. Фізична структура автоматизованої системи управління технологічними процесами на птахофабриці:

АСДУ — автоматизована система диспетчерського управління; ПС — пристрій спряження; ДС — дисплей; ЗЗП — зовнішній запам'ятовуючий пристрій; ДП — друкуючий пристрій; ОпС — операторський стіл

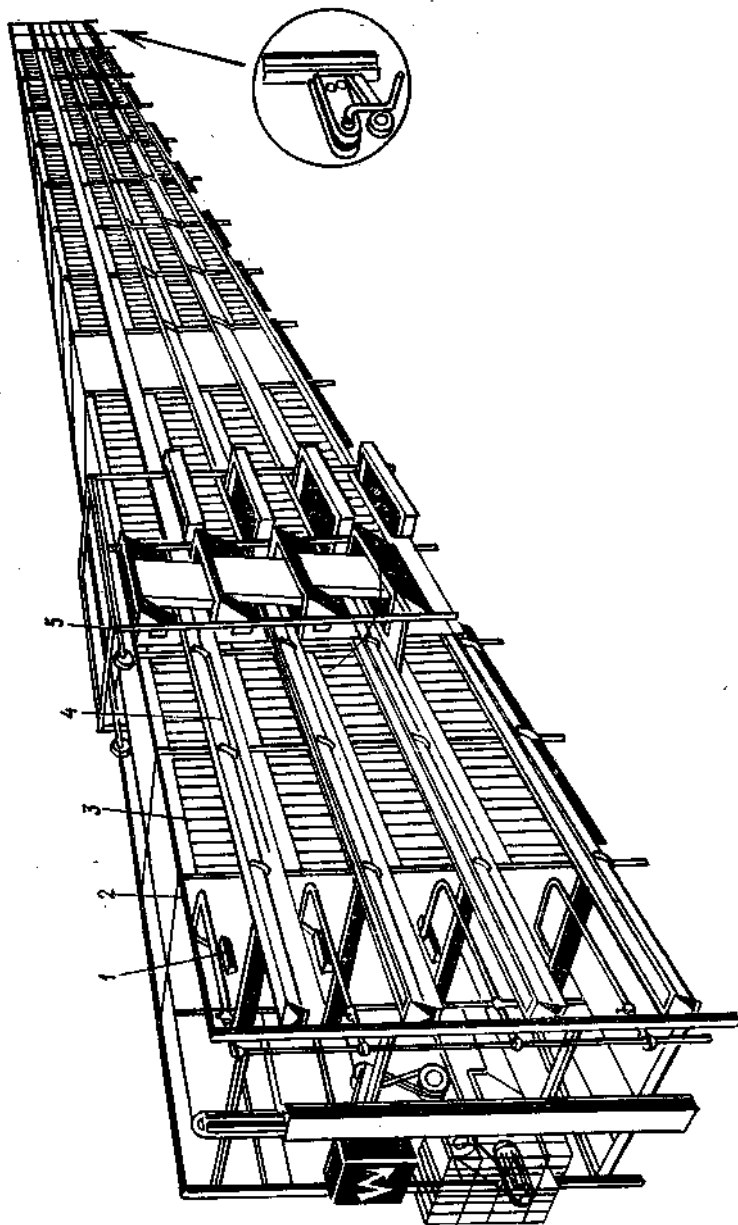
5.1. Інформаційні потоки на птахофабриці

Параметри		
технічні	технологічні	техніко-економічні
<p>Вихід з ладу: двигунів вентиляторів; двигунів кліткових батарей</p> <p>Контроль робоздатності електрообладнання (захист електродвигунів). Діагностика та прогнозування стану електродвигунів. Діагностика кіл управління та силових мереж (первинних вимірювальних перетворювачів). Самодіагностика управляючої системи. Робота припливної та витяжної вентиляційних установок. Робота припливної вентиляції і водяних калориферів.</p>	<p>Температура: внутрішня зовнішня</p> <p>Вологість внутрішня.</p> <p>Концентрація CO₂.</p> <p>Освітленість протягом світлового дня.</p> <p>Приріст маси птиці.</p> <p>Вік птиці. Швидкість руху повітря.</p> <p>Температура теплоносія, який підводиться до системи опалювання пташника. Кількість теплоносія, який проходить по зворотному колу цеху і в кожному пташнику (залі) окремо. Наявність та кількість комбікормів в бункері. Концентрація NH₃</p>	<p>Яйценоскість, яєць/год.</p> <p>Валове виробництво яєць.</p> <p>Витрати кормів: г/гол; кг/1000 шт. яєць.</p> <p>Поголів'я птиці.</p> <p>Витрати води: г/гол кг/1000 шт. яєць.</p> <p>Вибракування курей, % загального поголів'я: на забій; падіж.</p> <p>Графік выбраковки в співвідношенні з біологічними особливостями кроса.</p> <p>Динаміка маси яєць.</p> <p>Витрати електроенергії.</p> <p>Прогнозування яйценоскості.</p> <p>Витрати: крб/1000 шт. яєць крб/1 кг кормів</p>

На птахофабриці «Київська» спроектована та введена в дію перша черга автоматичної системи управління птахофабрикою (рис. 5.6). Ієрархічно вона складається з двох рівнів: автоматизованої системи управління виробництвом, до неї входить автоматизована система диспетчерського управління (АСДУ) та двох автоматизованих систем управління технологічними процесами — АСУТП енергопостачання та АСУТП птахівництва. Через АСДУ здійснюється централізований контроль температури в пташниках — система «Каштан — Т» — та централізований контроль та управління світловим режимом в пташниках — «Каштан — С».

АСУТП птахівництва виконується на базі цеху птахівництва, до складу якого входить від 5 до 10 пташників. Технічне забезпечення цього рівня виконано на базі мікроЕОМ СМ 1810. Склад інформації для цього рівня наведений у табл. 5.1.

Безпосередньо в пташниках розташовані мікроконтро-



5.7. Кліткова батарея КБН для утримання курей-несучок:
 1 — напувалка; 2 — каркас; 3 — квітка; 4 — годівниця; 5 — кормороздавач

лери типу МС2721 (МС2701), які здійснюють управління технологічними процесами в пташнику по заданих програмах.

5.2. КОМПЛЕКТИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УТРИМАННЯ КУРЕЙ-НЕСУЧОК ПРОМИСЛОВОГО СТАДА

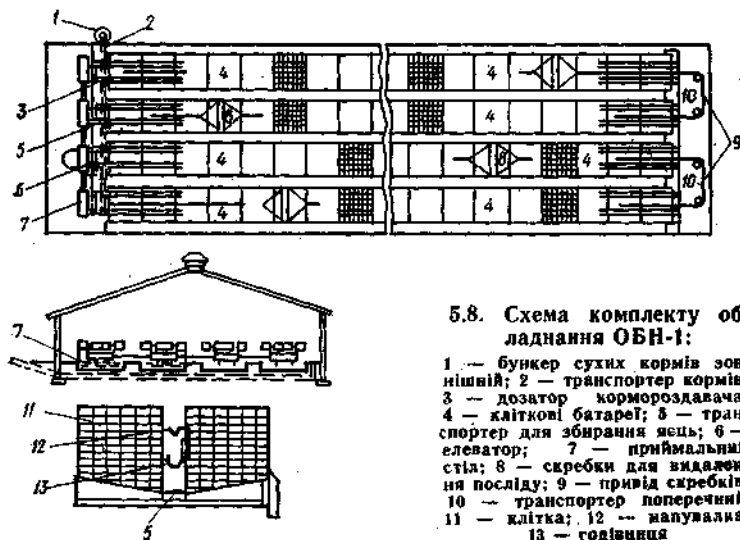
Кліткові батареї КБН (рис. 5.7) чотирьохярусні дворядні, призначені для утримання курей у приміщеннях висотою 3,6 м та більше.

У батареї механізовані: роздавання корму, видалення посліду, напування та збирання яєць. Основою батареї є каркас 2, на якому змонтовані клітки 3, годівниці 4, напувалки 1, кормороздавач 5, транспортер посліду та електрообладнання. З обох боків батареї на кожному з чотирьох ярусів змонтовані жолобкові годівниці, в які корм завантажує бункерний кормороздавач. Роздавач приводиться в рух електродвигуном через мотор-редуктор і канатно-блокову систему. Роздавач може бути від'єднаний від привода спеціальним важелем. У цьому випадку прибирати послід можна незалежно від кормороздавача.

Жолобкові напувалки для курей розташовані вздовж кліток на кожному ярусі, із розрахунку обслуговування двох рядів кліток.

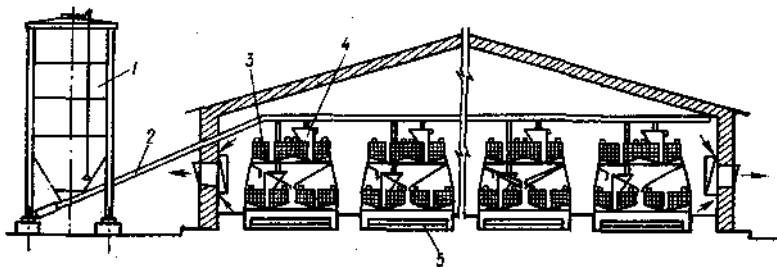
Пристрій для видалення посліду складається із скребок-ових візків і канатного привода.

Пристрій для збирання яєць має підніжну решітку як



5.8. Схема комплексу обладнання ОБН-1:

- 1 — бункер сухих кормів зовнішній;
- 2 — транспортер кормів;
- 3 — дозатор кормороздавача;
- 4 — кліткові батареї;
- 5 — транспортер для збирання яєць;
- 6 — елеватор;
- 7 — приймальний стіа;
- 8 — скрепки для видалення посліду;
- 9 — привід скребоків;
- 10 — транспортер поперечний;
- 11 — клітка;
- 12 — напувальна;
- 13 — годівниця



5.9. Схема комплексу обладнання ККТ:

1 — бункер сухих кормів; 2 — транспортер ланцюговий; 3 — кліткова батарея; 4 — бункер-дозатор; 5 — установка для видалення посліду

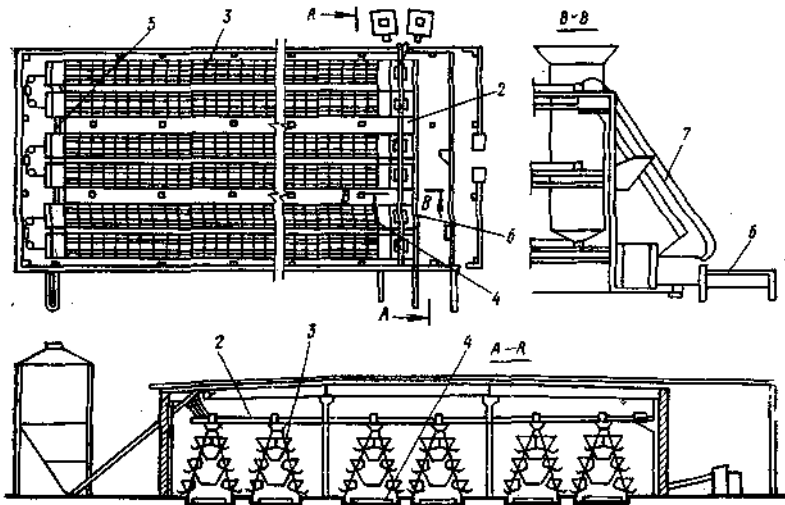
самотічний спуск, в кінці якого шарнірно закріплена рамка для утримання яєць від випадання і лоток для накопичення яєць.

Батареї КБН дозволяють ефективно використовувати виробничу площу. Але мають і недоліки: кури знаходяться в різних світлових і температурних умовах; процеси роздавання корму та збирання яєць не можна автоматизувати, батареї не можна використовувати в поточній лінії збору, транспортування та обробки яєць.

Комплекти обладнання ОБН-1 (рис. 5.8) призначені для комплексної механізації та автоматизації технологічних процесів при утриманні курей-несучок у приміщеннях з низькою висотою (до 2 м).

Комплект ОБН-1 складається з таких агрегатів: зовнішнього бункера 1 для прийому, зберігання та видачі сухих кормів (БСК-10); транспортера розподільного 2 для завантаження кормів із бункера 1 в дозатор 3; кліткових батарей 4 з транспортерами для збирання яєць 5 та елеватором 6 із приймальним столом 7; механізмів видалення посліду з-під батарей 8 з приводом 9 та поперечного транспортера 10.

До комплексу обладнання ККТ (рис. 5.9) (Угорщина) входить: зовнішній бункер з дозатором ємністю 12 м³, ланцюговий транспортер для завантаження кормів із зовнішнього бункера в бункери-дозатори; шести рядів батарей з ланцюговим транспортером та приводними станціями; поздовжніх та поперечних стрічкових транспортерів для збирання яєць; ніпельних напувалок; шести спарених скребок-транспортерів для видалення посліду з верхніх ярусів; поперечного транспортера; двох теплогенераторів продуктивністю по теплу 754,2 тис. кДж/год, по повітрю — 14 тис. м³/год кожен; осьових вентиляторів по 10 тис. м³/год кожен (для пташника 18×72 м — 22 шт., 18×96 м —



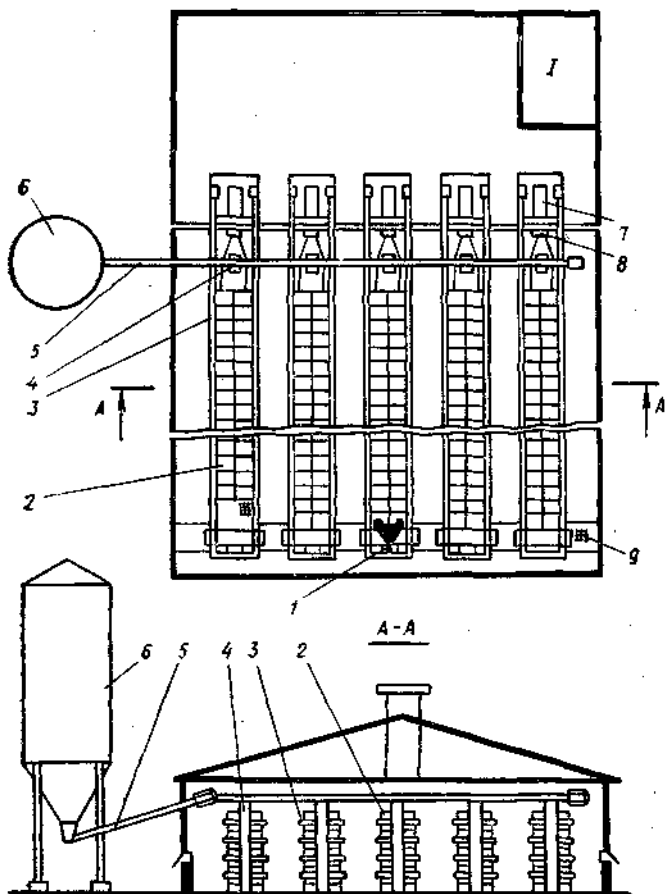
5.10. Схема комплексу обладнання БКН-3:

1 — бункер зовнішній для кормів; 2 — транспортер ТУУ-2; 3 — кліткова батарея; 4 — установка для видалення посліду; 5 — транспортер для видалення посліду із пташника; 6 — транспортер поперечний для переміщення яєць; 7 — елеватор

30 шт.); електрошафи для електричного управління завантаженням корму, кормороздачею, освітленням, видаленням посліду та збиранням яєць; електрошафи для управління витяжними вентиляторами з пристроєм для плавного регулювання частоти обертання.

Комплект обладнання БКН-3 забезпечує механізацію та автоматизацію основних технологічних процесів у приміщеннях висотою до 3,6 м з регульованим мікрокліматом. Ступеневе розташування кліток в батареї поліпшує повітрообмін і освітленість в зоні розташування курей. Комплект БКН-3 складається із таких агрегатів: зовнішніх бункерів для зберігання та видачі сухих кормів 1 (рис. 5.10); транспортера 2 для завантаження кормів в бункер-дозатори; батареї ступеневих триярусних 3; транспортерів для видалення посліду 4; поперечного транспортера для видалення посліду із пташника 5; похилого елеватора 7 для переміщення яєць на поперечний транспортер 6.

Комплект обладнання Л-112 (Німеччина) призначений для механізації та часткової автоматизації технологічних процесів при утриманні курей батьківського стада яєчної породи разом з півнями. Його встановлюють у теплих пташниках шириною 12 та 18 м, довжиною до 96 м. До складу комплексу входять: зовнішній бункер 6 (рис.



5.11. Схема комплексу Л-112:

I — службове приміщення; II — виробниче приміщення; 1 — установка для поздовжнього прибирання посліду; 2 — кліткова секція; 3 — жолобкова годівниця; 4 — кормороздавальна колонка; 5 — транспортер шнековий; 6 — бункер зберігання сухих кормів; 7 — елеватор для яєць; 8 — зрівнювальний бачок; 9 — установка для поперечного видалення посліду

5.11); шнековий транспортер 5 для вивантаження корму із бункера, кліткові батареї двоярусні з кормороздавальними колонками-дозаторами 4, ланцюговими транспортерами для роздачі корму по ярусах, ніпельними напувалками, багатоскребокними шланговими транспортерами на кожному ярусі для прибирання посліду та системою лотків яйцезбору, поперечний транспортер 9 для прибирання посліду із пташника, шафа керування (табл. 5.2).

5.2. Характеристика технологічного обладнання

Обладнання	Тип	Рекомендації для застосування	Продуктивність за 1 год	Поголів'я, яке обслуговується, або інші показники	Потужність електро-двигуна, кВт	Маса, кг
Бункер для зберігання концентрованих кормів з пристроєм для пневматичного завантаження	БСК-25	На птахівничих підприємствах усіх категорій при підлоговому та клітковому утриманні птиці	На вивантаженні 6—16 т	Місткість 25 м ³	2,2	1250
Бункер для зберігання концентрованих кормів	БСК-10	Те ж	4 т	Місткість 4 т	0,55	482
Транспортер для завантаження кормів у кормороздавачі	ТУУ-2А	Те ж, при клітковому утриманні птиці	2 т	Довжина 17,2 м	1,5	228
	ТУУ-6,5	Те ж	6,5 т	Довжина 96 м	3,0	1595
Кормороздавач трубчастий з бункерними годівницями для бройлерів, батьківського стада та ремонтного молодняка з дозуванням годівлі	РКД-2	На птахівничих підприємствах усіх категорій у складі комплектів обладнання при підлоговому утриманні птиці	1—2 т	—	1,5	3140
Транспортер стаціонарний для внутрішньогосподарського транспортування яєць	ТСЯ-20	В усіх зонах птахівничих підприємств	20 тис. яєць	Довжина 96 м	До 4	2000
Укладач яєць автоматичний	ЯУП	Те ж	10 тис. яєць	—	3×0,55	600
Установка канатно-скребкова для видалення посліду з пташника	МПС	»	3 т	—	712	712
Транспортер поперечний для видалення посліду з пташника	НКЦ-7	»	1 т	—	2,2+1,5	820
Автоматизоване обладнання для переробки посліду на суху речовину та затарювання його (ПНР)	ОПП-2	»	2 т по сухій речовині	—	До 120 та рідке паливо до 430 кг/год	81000
Брудер електричний для зігрівання курчат	БП-1-А	На птахівничих підприємствах по виробництву ремонтного молодняка	На 500—600 курчат	20—30 °С	4×0,25	32,5

5.4. Склад комплектів обладнання типу «Клімат» за його модифікаціями

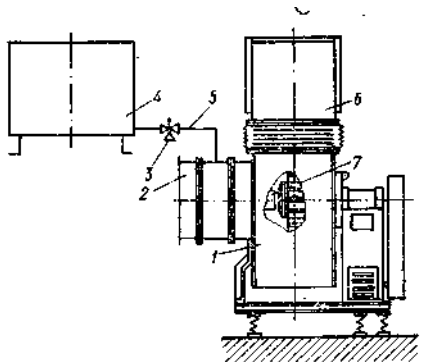
Вузол, елемент обладнання	«Клімат-2»						«Клімат-3»						
	24-8	25-8	27-8	24-10	25-10	27-10	24-8	25-8	27-8	24-10	25-10	27-10	
Припливні опалювально-вентиляційно-зволожувальні установки:													
ПОВУА 70-8 або ПОВУА 76-8	2	2	2	—	—	—	2	2	2	—	—	—	—
ПОВУА 70-10 або ПОВУА 76-10	—	—	—	2	2	2	—	—	—	2	2	2	2
Регулюючий клапан 25Ч931НЖ	—	—	—	—	—	—	2	2	2	2	2	2	2
Терморегулятор ТУДЕ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Вентилятори:													
ВО-4 МУЗ	45	—	—	45	—	—	45	—	—	45	—	—	—
ВО-5,6 МУЗ	—	30	—	—	30	—	—	30	—	—	30	—	—
ВО-7,1 МУЗ	—	—	15	—	—	15	—	—	15	—	—	—	15
Станція автоматичного керування ШАП 5711-33А2У5	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
виконання А	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—
виконання Б	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Станція автоматичного керування ШАП-5712-33А2У5	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
виконання А	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
виконання Б	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5.5. Технічні характеристики комплектів «Клімат-2» та «Клімат-3»

Комплекти	Тепло-продуктивність, кВт	Подача повітря, тис. м ³ /год						Втяжні пристрої		
		3	2	1	3	2	1			
«Клімат 24-8» (34-8)		29,0	22,0	16,3	45,0	30,0	15,0	135,0	90,0	45,9
«Клімат 25-8» (35-8)	75—168	29,0	22,0	16,3	50,0	34,0	17,0	150,0	100,0	50,0
«Клімат 27-8» (37-8)		29,0	22,0	16,3	72,0	44,0	22,0	200,0	140,0	72,0
«Клімат 24-10» (34-10)		40,4	30,0	22,0	45,0	30,0	15,0	135,0	90,0	45,0
«Клімат 25-10» (35-10)	138—312	40,4	30,0	22,0	50,0	34,0	17,0	150,0	100,0	50,0
«Клімат 27-10» (37-10)		40,4	30,0	22,0	72,0	44,0	22,0	200,0	140,0	72,0

5.14. Схема комплексу обладнання «Клімат-2» і «Клімат-3»:

1 — відцентровий вентилятор; 2 — жалюзі; 3 — електромагнітний клапан; 4 — бак напірний; 5 — трубопровід; 6 — краплеуловлювач; 7 — розпилювач



дають системи з централізованим постачанням («Клімат-2», «Клімат-3») та системи з децентралізованим постачанням тепла, («Клімат-4») (табл. 5.4—5.5). Обладнання «Клімат-2», «Клімат-3» застосовують у пташниках з механічною вентиляцією та обігрівом повітря водяними калориферами, які живляться гарячою водою від котельних.

Система управління комплексу «Клімат-2» (рис. 5.14) виконує такі функції:

- підтримання заданої температури повітря у пташниках в холодний період шляхом зміни кратності повітрообміну, за рахунок автоматичної трипозиційної зміни частоти обертання витяжних, а також ручного регулювання припливних вентиляторів;

- автоматичного підвищення відносної вологості повітря в приміщенні, вмикаючи зволожуючі пристрої — УВ-60;

- автоматичного регулювання температури повітря в приміщенні в теплий період року за рахунок зміни кратності повітрообміну за допомогою ступеневої зміни частоти обертання електровентиляторів;

- перехід з одного режиму на інший залежно від температури зовнішнього повітря;

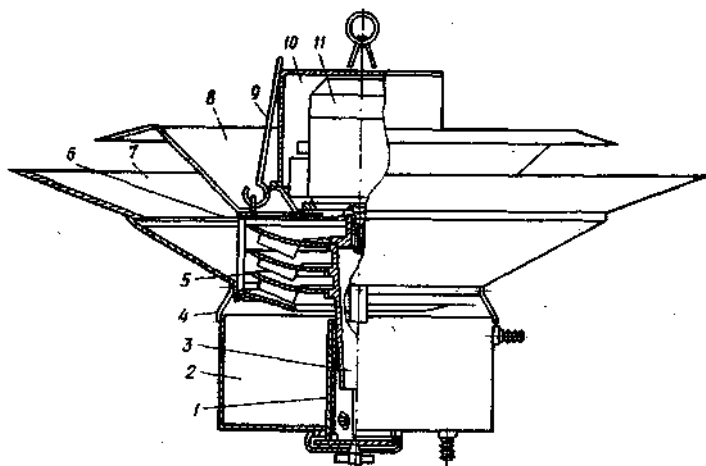
- автоматичного захисту калорифера від заморожування при зміні температури води в тепломережі;

- автоматичного відключення вентиляторів при аварійному зниженні температури повітря;

- захист від короткого замикання, перевантаження, сигналізації про наявність напруги на станції керування.

У комплексах обладнання «Клімат-2» та «Клімат-3» передбачена система зволоження повітря за допомогою розпилювача, який вмонтовано у відцентровий вентилятор.

Для зволоження та зниження температури повітря, що надходить через припливні шахти, застосовують зволожувачі УВ-60 (рис. 5.15). Вони складаються із системи водопостачання та комплексу зволожувачів, число яких розраховують. Один зволожувач розпилює 60 л води за годину.



5.15. Зволожувач УВ-60:

1 — фільтр; 2 — бак; 3 — конус зволожувача; 4 — водозбірник; 5 — сепаратор;
6 — кришка; 7, 8 — краплеуловлювачі; 9 — гак для відвішування; 10 — конус;
11 — електродвигун

Принцип роботи зволожувача такий: вода під тиском заповнює зволожувачі до певного рівня, що регулюється системою зволоження. Електродвигун приводить в рух конус зволожувача. Вода, що знаходиться в баці на певному рівні, під дією відцентрової сили піднімається тонкою плівкою по внутрішній поверхні конуса зволожувача і через отвори в конусі розтікається по диску. Дрібні водяні краплі, зриваючись з диска і перемішуючись з повітрям, утворюють водяний пил.

Краплеуловлювачі служать для збирання великих крапель води та рівномірного радіального поширення зволоженого повітря.

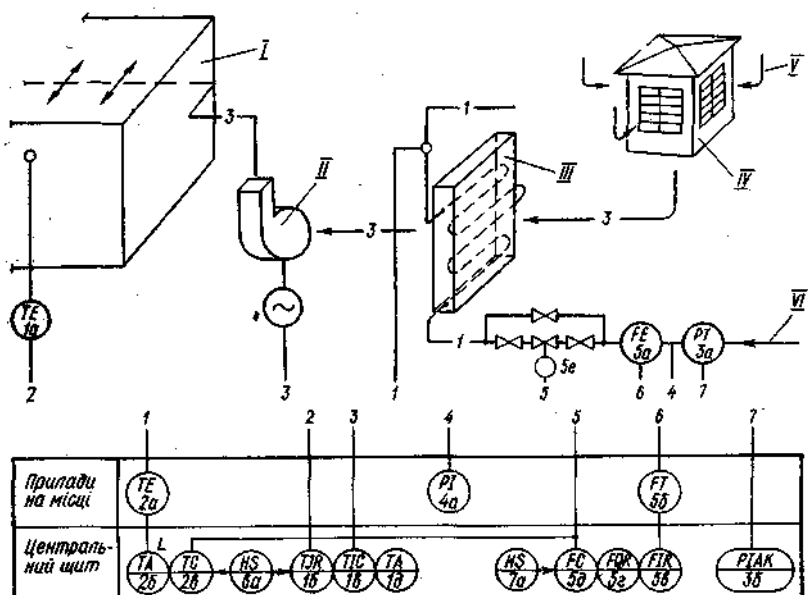
Схема автоматизації системи припливної вентиляції зображена на рис. 5.16.

Система керування «Клімат-3» (рис. 5.17) порівняно із «Клімат-2» має відмінності, що належать до холодного режиму:

автоматичне регулювання температури повітря в пташнику за рахунок зміни подачі теплоти калориферів шляхом регулювання кількості теплоносія;

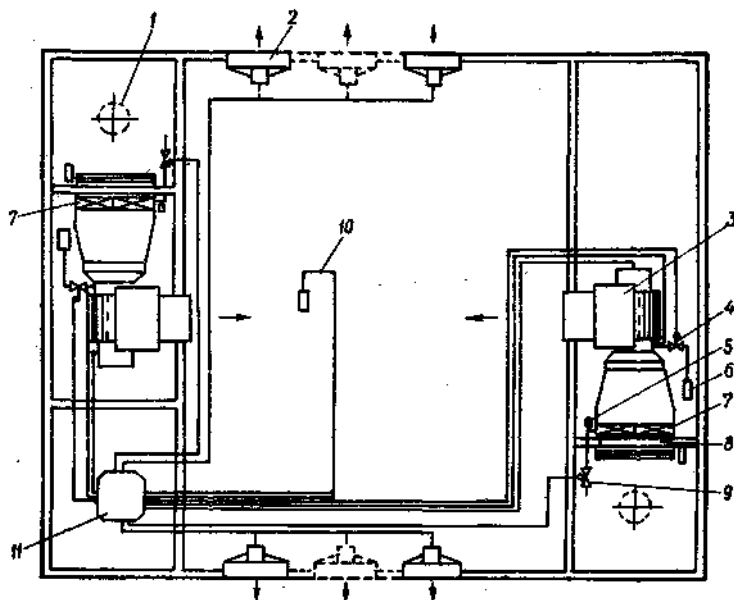
автоматичне зниження відносної вологості повітря в пташнику (осушення повітря) зміною подачі вентиляторів;

автоматичний захист калориферів від заморожування



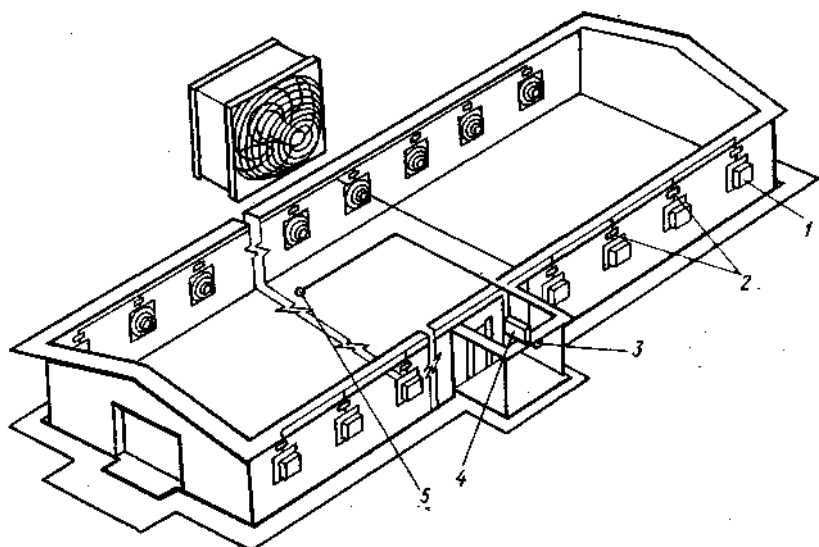
Б.16. Схема автоматизації системи припливної вентиляції:

1 — штанини; II — вентилятор; III — калорифер; IV — шахта припливна; V — зовнішнє повітря; VI — подача теплоносія



Б.17. Система управління комплексу «Клімат-3»:

1 — забірня шахта; 2 — витяжний вентилятор; 3 — припливна установка; 4 — канал подачі води; 5 — датчик захисту калориферів від замерзання; 6 — напірний бак; 7 — калорифери; 8 — повітряний шмбер; 9 — регулювальний клапан; 10 — панель датчиків; 11 — станція керування



5.18. Схема розташування обладнання «Клімат-45» в пташнику:
 1 — вентилятор осьовий; 2 — автоматичні вимикачі; 3 — перемикач; 4 — станція керування; 5 — датчик температури

при порушенні температури води в мережі шляхом подачі сигналу на їх прогрівання відкриттям регулюючого клапана.

Наявність в обладнанні «Клімат-3» двох клапанів з моторним виконавчим механізмом ПР-1М дозволяє регулювати критичну температуру повітря (за рахунок зміни тепловіддачі на калорифери) і відповідно температуру в пташнику.

Комплект обладнання «Клімат-4» (рис. 5.18) складається із спеціальних низьконапірних вентиляторів з автоматичним вимикачем для індивідуального керування і захисту їх електродвигунів, автотрансформатора типу АТ-10 для зміни прикладеної на електродвигуни напруги і станції керування з виносним блоком датчиків температури. Станція керування забезпечує такі функції:

- ступінчасту зміну частоти обертання електровентиляторів;

- автоматичний перехід на меншу частоту при зменшенні температури повітря в пташнику або більшу — при її підвищенні;

- автоматичний вибір кількості працюючих вентиляторів залежно від температури в залі;

- автоматичне відключення груп вентиляторів при пони-

женні температури або всіх вентиляторів при аварійному їх зниженні;

ручне включення і відключення вентиляторів;

захист електродвигунів та лінії живлення від струмів короткого замикання і аварійних перетворень.

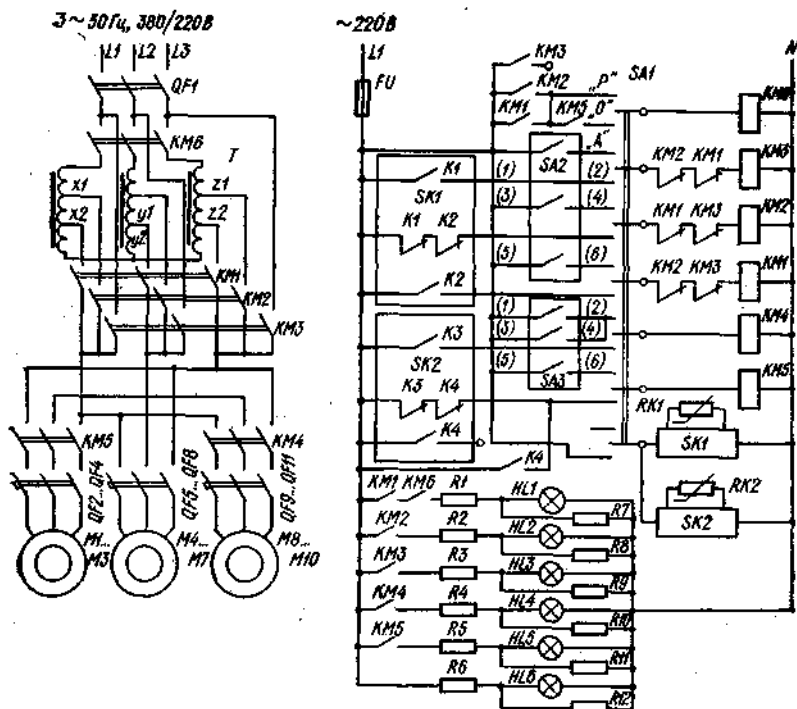
Ці комплекти забезпечують автоматичне підтримання в пташниках температури повітря з точністю 1,5—2 °С, відносної вологості в сторону підвищення від 35 до 95 % і в сторону зниження від 80 до 50 % з похибкою 5—6 %, а також шкідливих газів (аміак, сірководень, вуглекислий газ) в межах норми.

У комплектах технологічного обладнання Німеччини Р-15 і Угорщини ККТ є пристрої для плавного регулювання продуктивності вентиляторів. Так, в обладнанні Р-15 використовується регулятор вентиляції АЛР-9, який підтримує необхідну температуру в пташнику за рахунок плавної зміни повітрообміну в межах від 5 до 105 м³/год, регулювання вологості при розрахунковій температурі зовнішнього повітря від —10 до +35 °С.

Комплекти опалювально-вентиляційного обладнання «Клімат-45», «Клімат-47», «Клімат-48» випускаються із системою керування продуктивністю вентиляторів на основі зміни напруги живлення електродвигуна, що регулюють температуру повітря. Для цього використовують тиристорні станції ТСУ-2-КЛУЗ та МК-ВАУЗ, які забезпечують пропорційне регулювання частоти обертання двигунів вентиляторів. Технічні характеристики таких комплектів наведені в табл. 5.6.

Блок-схема станції керування МК-ВАУЗ зображена на рис. 5.19. Сигнал від датчика напруги *РК* надходить на міст керування *МС*. Крім цього, передбачене ручне задання температури *ЗДТ*. Із *МС* через підсилювач-демоделюлятор *УД* сигнал потрапляє на вузол зміщення *УС*. Він вміщує резистори, на які діють задатчики: базової напруги *ЗБН*, диференціала на допустиме зниження температури *ЗД*, мінімальної напруги *ЗММ*, яку можна подавати на статор електродвигуна. Із вузла зміщення *УС* сигнал надходить на систему імпульсно-фазового управління тиристорами *СИФУ*. Цей сигнал коригує інший сигнал, який поступає від блока живлення *БП* до блока тиристорів кожної із фаз *БТ*.

Принципова схема установки «Клімат-4» зображена на рис. 5.20. Необхідно врахувати, що налипання значної кількості пилу на лопатках вентиляторів призводить до зменшення їх продуктивності на 20—30 %. Тому необхідно регулярно не рідше 1 разу на півроку їх оглядати, перевіряти надійність кріплення всіх вузлів та деталей, а також



5.20. Принципова електрична схема вентиляційної установки «Клімат-4»

2—3 °С нижчою від необхідної, тому що саме на цю величину температура в клітках більша, ніж у проходах між батареями.

Робота опалювально-вентиляційних систем в автоматичному режимі дозволяє економити теплової енергії до 12 %, а електричної — до 8 % порівняно з ручним режимом керування.

Автоматизована система вимірювання температури в пташнику «Каштан-Т» призначена для вимірювання температури в пташнику і зовнішнього повітря. Результати багатоканальних вимірювань висвітлюються цифровими індикаторами, а також можуть реєструватися на папері за допомогою цифродрукуючого пристрою один раз за 1, 2, 4 або 8 год послідовно у всіх пташниках. На запит оператора можна проконтролювати температуру в будь-якому пташнику.

До складу системи входять: нормуючі перетворювачі з датчиками температури типу ТСМ — для перетворення

вихідної величини датчика температури — опору на струм; блоки живлення, стіл оператора з панеллю керування та електронним блоком, цифродрукуючий пристрій, два адаптери, кабель. Конструктивно вона виконана у вигляді центрального електронного пристрою та периферійних вимірювальних перетворювачів.

Технічна характеристика системи «Каштан-Т»

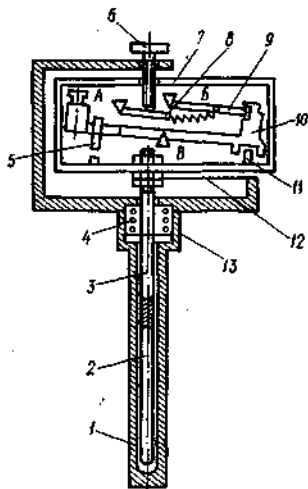
Кількість пташників, в яких контролюють температуру повітря, шт.	50
Діапазон вимірювання температури повітря в пташнику, °С	0...+40
Кількість точок вимірювання температури зовнішнього повітря, шт.	1
Діапазон вимірювання температури зовнішнього повітря, °С	-40...+40
Основна абсолютна похибка вимірювання температури повітря, °С	1
Споживана потужність при напрузі 220 В і частоті 50 Гц, Вт	100

Терморегулюючий дилатометричний пристрій ТУДЕ (рис. 5.21) з електричним вихідним сигналом має 20 модифікацій з різними діапазонами регульованих температур від -30 до 1000 °С. Він може комутувати (вмикати та вимикати) електричні кола з напругою 220 В та силою струму до 10 А при активному та до 2 А при індуктивному навантаженні.

ТУДЕ складається з дилатометричного чутливого елемента, контактної пристрою та вузла настройки завдання.

Чутливий елемент ТУДЕ — це латунна трубка 1 (рис. 5.21), в якій знаходиться стержень 2 із сплаву інвару з малим коефіцієнтом лінійного розширення.

Верхня частина латунної трубки розміщується в зоні теплової ізоляції, тому для компенсації зміни довжини верхня частина



5.21. Терморегулятор дилатометричний ТУДЕ:

1 — трубка; 2 — стержень із інвару; 3 — латунний стержень; 4 — пружина; 5 — контакти; 6 — гвинт завдання температури; 7 — плата; 8 — важіль на осі А з пружиною; 9 — важіль на осі В; 10 — важіль на осі В; 11 — гвинт диференціалу; 12 — плоска пружина; 13 — корпус

стержня 3 виготовлена з такого ж металу, що і трубка. Стержні 2 і 3 притискуються до дна трубки пружиною 4, а від поперечних зміщень утримуються пластинчастою пружиною 12. Стержень 3 жорстко з'єднаний з платою 7, в якій змонтований контактний пристрій, який складається з важелів 8 і 9, з'єднаних пружиною, та важеля 10 з контактами 5. Пружина важеля 8 переводить важелі 9 і 10 з положення «включено» або «виключено» залежно від положення плати 7, відносно гвинта 6 задання. Трубку 1 поміщають в середовище, яке досліджують. При підвищенні температури вона видовжується, що викликає зміщення під дією пружини 4 важелів 2, 3 з платою 7. Утримуваний в цьому положенні важіль 8 зміщується вверх і, коли його вільний кінець з пружиною опиниться вище осі В, перекидає важіль 9 з зацепом важеля 10 у верхнє положення. Контакти 5 при цьому замикаються. Аналогічно розмикаються контакти при зниженні температури. Хід важеля 10, а отже і зону повернення регулюють гвинтом 11.

Дилатометричні регулятори температури вібростійкі, їх можна монтувати у будь-якому положенні та малочутливі до впливу зовнішнього середовища. Недоліком їх є значна довжина чутливого елемента (100—900 мм) та підгорання контактів.

5.4. АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У ПТАШНИКУ

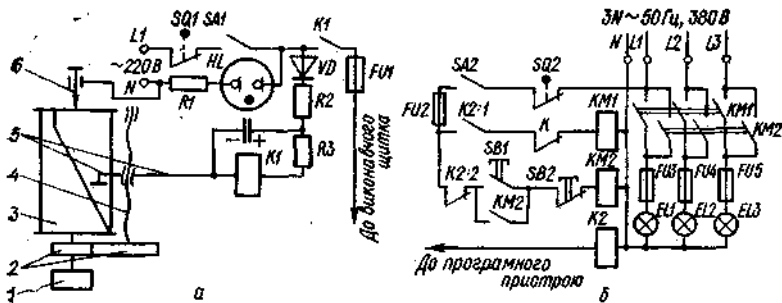
У птахівництві широко застосовують штучне освітлення для збільшення тривалості світлового дня, яка впливає на розвиток і продуктивність птиці та якість яєць. Встановлено, що денне, навіть незначне збільшення світлового дня, стимулює статевий розвиток молодих курей і сприяє підвищенню їх несучості.

Вмикають освітлення плавно (штучні світанок та сутінки) і ступінчасто.

Для автоматичного керування освітленням у пташниках із змінною тривалістю світлового дня використовують установки УПУС-1, УПУС-2, ПРУС-1, ПРУС-2, ТІРОС.

Установка УПУС-1 дає змогу протягом 52 тижнів автоматично підтримувати наперед заданий світловий режим у пташниках із щодобовою повільною (на 3—5 хв) зміною тривалості світлового дня. Установка ПРУС-1 має аналогічне призначення, її програма розрахована на 540 днів.

Установка для керування освітленням у пташнику (рис. 5.22) складається із програмного пристрою і виконавчого щитка.



5.22. Установа для керування освітленням у пташнику:

а — кінематична і електрична схеми програмного пристрою; б — електрична схема виконавчого щитка; 1 — годинниковий механізм; 2 — шестеринна пара; 3 — програмний барабан; 4 — головний гвинт; 5 — втулка з рухомих штифтом і контактним роликом; 6 — рухома піввісь барабана

Основним вузлом програмного пристрою є реле часу 2РВМС, яке складається з анкерного годинникового механізму з автоматичним підзаведенням пружини від електродвигуна. Годинниковий механізм реле повертає програмний барабан із закріпленою на ньому програмою у вигляді паперу, на який нанесено графік зміни світлового режиму. Цей графік складають з урахуванням конкретних умов і бажаного світлового режиму в пташниках окремо для кожної партії птиці на весь період її вирощування або утримання.

Принцип роботи установки такий. Автоматична щодобова зміна тривалості електричного освітлення у пташнику протягом великого проміжку часу здійснюється програмним пристроєм внаслідок додавання двох рухів: обертового — програмного барабана 3 (рис 5. 22) (один оберт на добу) і поступального — втулки 5 з контактним роликом (0,75 мм на добу), що ковзає на верхній барабана. Ролик залишає на програмному барабані спіралеподібну траєкторію, причому тривалість світлового дня щодоби збільшується на кілька хвилин. Коли ролик перекотиться по верхній програмного барабана, замкнеться коло живлення реле $K1$. Через 3—4 с спрацює реле $K1$ і замкне свої контакти в колі живлення реле $K2$ виконавчого щитка, тобто буде подана команда на вмикання електричного освітлення. Реле $K2$ спрацює і замкне свої контакти $K2:1$ у колі живлення електромагнітного пускача $KM1$, який ввімкне електричне освітлення. Коли контактний ролик знову потрапить на ізолювану діаграмним папером поверхню програмного барабана, то через 10—15 с вимкнеться реле $K1$, що призведе до вимкнення освітлення. Витримка часу створюється завдяки конденсатору $C1$, який розряджається через

резистор $R3$ та обмотку реле $K1$. Наявність у пристрої електричного кола, яке складається з конденсатора $C1$, реле $K1$, діода VD та резисторів $R2$ і $R3$, запобігає іскрінню між контактним роликком і поверхнею барабана.

У виконавчому щитку передбачене також ручне керування освітленням за допомогою магнітного пускача $KM2$, кнопок $SB1$ і $SB2$. Ручне керування освітленням можливе лише тоді, коли реле $K2$ вимкнене. Якщо через деякий час після ручного вмикання освітлення програмний пристрій подасть команду на автоматичне вмикання освітлення, то спрацює реле $K2$ і розімкне свої контакти в колі живлення котушки магнітного пускача $KM1$. Відбудеться автоматичний перехід з ручного керування на керування від ручного пристрою.

У програмному пристрої і виконавчому щитку передбачені спеціальні контакти $SQ1$ і $SQ2$, які розмикаються при відкриванні дверцят і припиняють подачу напруги на електричні схеми.

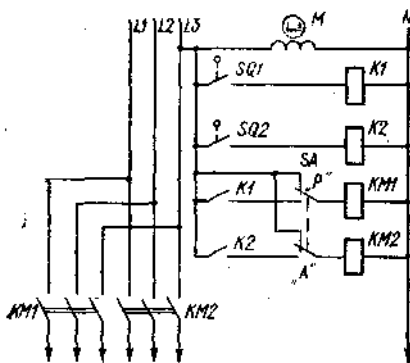
Установка ПРУС-1 має барабан з вирізом, профіль якого визначає програму роботи освітлювальної установки на весь період вирощування або утримання птиці. Барабан приводиться в дію пружинним двигуном з годинниковим механізмом з автоматичним підзаведенням пружини від електродвигуна (рис. 5. 23).

Освітлювальні лампи поділяють на дві групи, які вмикаються електромагнітними пускачами $KM1$ та $KM2$. Якщо спеціальний пристрій, що діє на мікроперемикачі, ковзає по поверхні барабана, то контакти останніх замкнені і освітлення ввімкнене, а коли він знаходиться над вирізом — розімкнені і освітлення вимкнене. Контакти мікровмикачів вмикаються по черговому з витримкою часу 2—5 хв, а вимикаються у зворотній послідовності, що забезпечує створення штучного світанку та сутінок.

Установка УПУС-2 призначена для централізованого керування режимом освітлення в 9 пташниках. Крім програмного та виконавчого пристроїв, вона має фотореле для погодження дій автоматики в пташниках, що мають вікна з природним освітленням.

Установка ПРУС-2 має таке ж призначення, як і установка УПУС-1. Крім того, вона забезпечує створення штучного світанку та сутінок завдяки вмиканню та вимиканню освітлення двома ступенями.

Автоматизована система управління світловим режимом в пташниках «Каштан-С», яка функціонує на птахофабриці «Київська», передбачає передачу керуючих сигналів із пульта диспетчера до об'єктів керування — пташ-



5.23. Принципова електрична схема установки ПРУС-1

ників, а також зворотний зв'язок по тракту передачі інформації.

Пульт диспетчера складається із дисплея, мікропроцесорної системи, мнемосхеми, панелі індикації. В пташниках змонтовані пускові пристрої. До складу мікропроцесорної системи входять:

модуль зв'язку з дисплеєм по послідовному інтерфейсу **СТИК-С2**;

модуль центрального процесорного елемента на основі мікропроцесора **КР5801К80А** з тактовою частотою **500 кГц**;

модуль постійного запам'ятовуючого пристрою (**ПЗП**) об'ємом **2 кбайти**;

модуль оперативного запам'ятовуючого пристрою (**ОЗП**) об'ємом **16 кбайт**;

пульт інженера, який забезпечує прямий доступ до пам'яті та імітацію керуючих сигналів мікропроцесорної системи, шин адреси, а також построкове виконання програми мікропроцесором з індикацією стану шини адреси і даних в момент дії керуючих сигналів;

комутатора на базі паралельного інтерфейсу **КР580ВВ55А**, який забезпечує видачу до модулів спряження з об'єктом номерів пташників, кодів команд і кодів стробів команд, а також виконує ввід до магістралі даних кодів ситуації в пташниках;

погоджувачі рівнів, де відбувається перетворення сигналів, які надходять від модуля спряження з об'єктом. Неправильне виконання команд друкується на екрані дисплея.

Система «Каштан-С» розрахована на керування світловим режимом у **50** пташниках.

Контролер керування світловим режимом функціонує завдяки двом програмам: **ПКСР** (програма керування світловим режимом) та **МОНІТОР**. Ці програми розміщені в **ПЗП**.

Оператор з клавіатури дисплея, по кожному пташнику в відведений сегмент **ОЗП** під керуванням програми **МОНІТОР**, вводить початкове значення керування: номер стандартного вікового інтервалу курей в технологічному циклі,

кількість діб та величину початкового приросту (сладу) світлового дня в межах даного стандартного вікового інтервалу. Решта паспортних даних для основної породи курей зберігаються в ПЗП або може бути введена в ОЗП для інших порід. Після закінчення вводу початкових умов, оператор вмикає таймер і всю систему, натиснувши відповідну кнопку.

5.5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГОДІВЛІ КУРЕЙ

Високопродуктивних несучок можна отримати тільки при повноцінному годуванні курей.

Технологічне обладнання, необхідне для проведення цієї операції, було розглянуто в попередніх розділах.

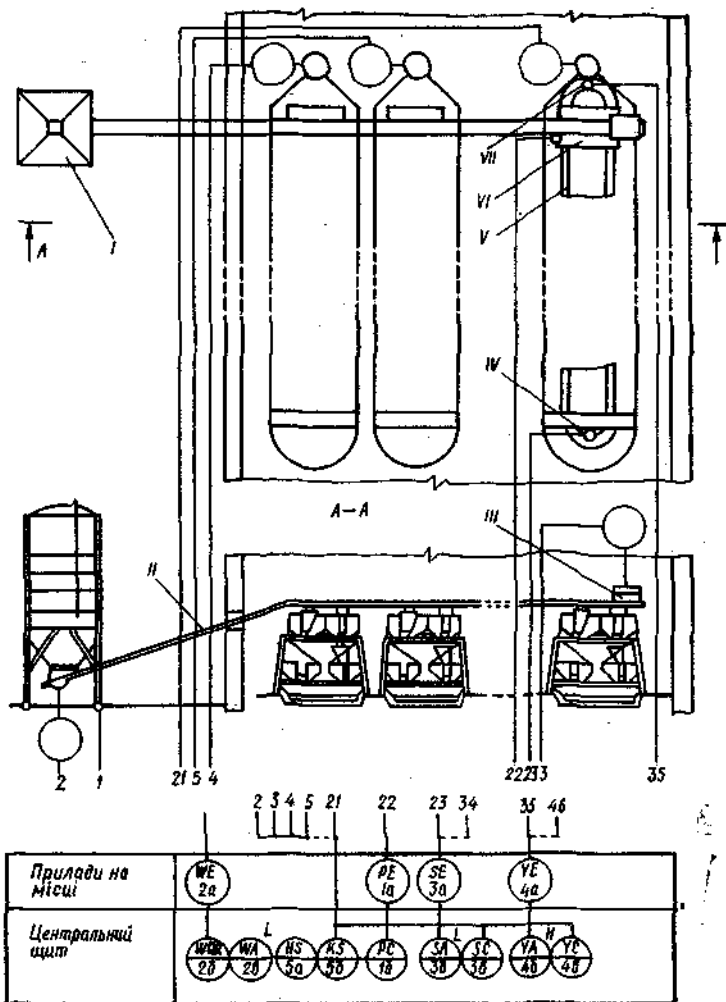
Функціональна схема автоматизації процесу годівлі в пташнику зображена на рис. 5. 24.

Оскільки в структурі собівартості яєць найбільшу питому вагу становлять затрати на годівлю курей, деякі зарубіжні фірми запровадили комплекти технологічного обладнання для утримання курей-несучок в триярусних каскадних кліткових батареях з контрольованим годуванням.

Так, обладнання американської фірми «Биг Дачман» забезпечує не тільки щоденну автоматичну роздачу корму для курей, а й дозволяє точно дозувати його кількість. Принцип контрольованого годування ґрунтується на застосуванні бункерних ваг. До початку першої роздачі вивантажувальний транспортер 2 (рис. 5. 25) зовнішнього бункера 1 подає корм (добовий раціон) у проміжний бункер 3, змонтований на електронних зважувачих пристроях 7. Ці пристрої разом з індикатором 5 являють собою бункерні ваги. Під час заповнення проміжного бункера кормом транспортер 2, вивантажувальний шнековий транспортер 4, внутрішньоцеховий транспортер 8, який завантажує корм в приймальні колонки 9 кліткових батарей 11, а також ярусні ланцюгові кормороздавачі 12 не можуть працювати через блокування.

Якщо добовий раціон у проміжний бункер уже завантажений, що фіксується на шкалі індикатора, то шнековий транспортер зовнішнього бункера по команді від бункерних ваг відключається.

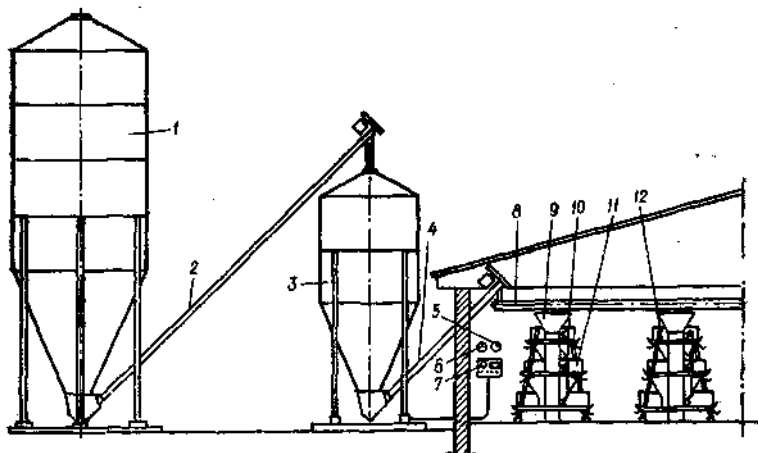
Годівля курей здійснюється за програмою з використанням спеціального таймера 6, причому роздачу корму можна проводити стільки разів, скільки це необхідно. Ланцюгові кормороздавачі забирають корм із приймальних коло-



5.24. Схема автоматизації системи роздачі кормів:

I — завантажувальний бункер; II — завантажувальний шнек; III — привод поперечного транспортера; IV — ведений вал; V — транспортер роздачі; VI — проміжний бункер; VII — ведучий вал

нок і розносять його по жолобкових годівницях батарей. Якщо до годівниці потрапить необхідна кількість корму, ланцюговий кормороздавач відключається по команді від таймера 6. Через 2,5 хвилини після того, як добова норма корму видана повністю, від датчика рівня, встановленого в проміжному бункері, відключаються транспортери 4, 8



5.25. Обладнання для контрольованої годівлі курей

і кормороздавачі батарей. При цьому можуть відключитися тільки транспортери 4 і 8, якщо при переповненні жолобкових годівниць кінцевий вимикач 10 розриває контакти, одночасно в кормових колонках перекривається приймальна частина ланцюгових кормороздавачів. В цьому випадку самі кормороздавачі залишаються ввімкнутими. Стоп'ятидесятисекундна затримка сигналу від датчика рівня необхідна для того щоб запобігти відключенню транспортерів 4, 8 і ланцюгових кормороздавачів при незначних переповненнях жолобкових годівниць. Після закінчення останньої роздачі корму, другий програматор забезпечує завантаження проміжного бункера кормів в об'ємі, необхідному для роботи на наступний день.

Робота ланцюгового кормороздавача і датчика рівня регулюється таким чином, щоб усьому поголів'ю забезпечити подачу корму, в т. ч. і при останній денній видачі. Якщо програматори та бункерні ваги правильно відрегулювати, то годування можна здійснювати повністю в автоматичному режимі. Оператор потрібен тільки в тому випадку, коли необхідно змінити денний раціон, тобто кількість корму повинна бути знову відрегульована на шкалі бункерних ваг.

Така автоматизація годування дає економію корму 3—7 %, а при певних умовах і до 10 %.

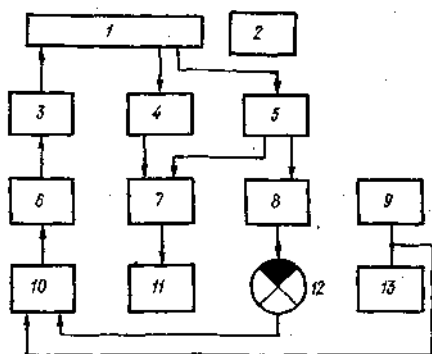
5.6. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗБИРАННЯ ЯЄЦЬ

Пристрій для управління транспортером для збирання яєць включає в себе лічильник яєць 5 (рис. 5.26) з двома виходами і суматор 10 на три входи. Перший вхід з'єднаний з задатчиком 9 швидкості транспортера для збирання яєць 1, другий з входом елемента порівняння 12, а виходом через блок управління 6 — з регулюючим приводом 3. До пристрою також входить приймач яєць 2, формувач 13 заданого сигналу, формувач 8 дійсного сигналу, перетворювач маси транспортованих яєць 4, блок ділення 7, блок формування коригуючого сигналу 11. В блоці 11 регульований привід 3 взаємодіє з транспортером збирання яєць 1. Елемент порівняння 12 входить з'єднаний через формувач заданого сигналу 13 із задатчиком 9 швидкості транспортера 1, а через формувач дійсного сигналу 8 — з входом лічильника яєць 5, причому блок ділення 7 одним входом з'єднаний із другим виходом лічильника яєць 5, другим з перетворювачем 4 маси транспортованих яєць, а виходом через блок формування коригуючого сигналу 11 із третім входом суматора 10.

Принцип дії пристрою такий. Перед ввімкненням пристрою задатчиком 9 задають необхідну швидкість транспортера 1. Після ввімкнення пристрою транспортер 1 транспортує яйця, які рахує лічильник 5.

З виходу формувача дійсного сигналу 8, сигнал, пропорційний кількості транспортованих яєць, надходить на один із входів елемента порівняння 12, на другий вхід якого надходить сигнал, пропорційний заданому, з формувача заданого сигналу 13. Після порівняння вказаних сигналів сигнал різниці потрапляє на другий вхід суматора 10. Якщо сигнали однакові, то транспортер переміщується регульованим приводом із заданою задатчиком 9 швидкістю.

Якщо сигнали не однакові, тобто дійсний сигнал більший або менший від заданого, то сигнал різ-



5.26. Схема пристрою для управління транспортером збирання яєць:

1 — транспортер; 2 — приймач яєць; 3 — привід; 4 — перетворювач; 5 — лічильник; 6 — блок управління; 7 — блок ділення; 8, 13 — формувачі; 9 — задатчик; 10 — суматор; 11 — блок формування; 12 — елемент порівняння

ниці алгебраїчно підсумовується в суматор 10 із сигналом задатчика 9 швидкості транспортера 1, зменшуючи або збільшуючи його регулюючий сигнал, і через блок управління 6 діє на регульований привод 3, який змінює швидкість транспортера 1, відповідно зменшуючи потік яєць.

Різна маса яєць сприймається перетворювачем маси 4. Сигнал з його виходу про сумарну масу яєць на певній ділянці транспортера 1 (або за певний проміжок часу) надходить на другий вхід блока ділення 7, на перший вхід якого поступає сигнал із другого виходу лічильника 5. Блок ділення визначає відношення цих сигналів і формує сигнал, пропорційний середній масі яєць на даній ділянці транспортера 1 або за певний проміжок часу.

Вказаний сигнал надходить на вхід блока формування коригуючого (за масою) сигналу, де порівнюється з опорним сигналом, що відповідає середній масі для визначення швидкості транспортера для збирання яєць.

Таким чином, залежно від середньої маси яйця в блоці формування коригуючого сигналу 11 формується сигнал тієї чи іншої полярності, який поступає на третій вхід суматора 10.

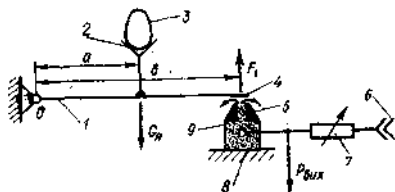
На вході суматора формується керуючий сигнал, який подається до блока управління 6, що при збільшенні маси яйця швидкість транспортера для збирання яєць і зменшується, при зменшенні — збільшується відносно заданого.

У машинах для автоматичного сортування яєць за масою застосовують ваги з дистанційною передачею вимірювального сигналу. Вони побудовані на базі силувимірювача з автоматичною компенсацією сили маси. На рис. 5.27 зображена принципова схема компенсаційного пневматичного вимірювача маси. Вільний кінець важеля 1 має вантажоприймальний пристрій 2 і заслінку 4, яка закриває сопло 5. До сопла через пневмоопір 7 підводиться стиснуте повітря від джерела постійного тиску. Тиск повітря в сопловій камері 8 залежить від зазору між заслінкою 4 і соплом 5. Чим цей зазор менший тим більший тиск у сопловій камері. Повітря що виходить із сопла, діє на заслінку, примушуючи її піднятися. Цю силу знаходимо за формулою:

$$F_1 = S_c P_{\text{вих}},$$

де F_1 — сила, з якою повітря витікає із сопла, діючи на заслінку; S_c — площа ефективного перерізу сопла; $P_{\text{вих}}$ — тиск у сопловій камері.

Вимірювач маси працює так. Під дією маси яйця 3 заслінка перекидає сопло. Тиск у сопловій камері зростає і відповідно збільшується сила F_1 , що намагається підняти



5.27. Принципова схема пневматичного ваговимірювача:

1 — важіль; 2 — прийомний пристрій навантаження; 3 — яйце; 4 — заслінка; 5 — сопло; 6 — джерело стиснутого повітря зі стабілізованим тиском живлення; 7 — пневмоопір; 8 — соплова камера; 9 — сільфон

заслінку. Переміщення заслінки 4 вниз і зменшення зазору між нею і соплом відбувається доти, доки це не призведе до такого збільшення тиску в сопловій камері 8, при якому момент від сили F_1 відносно точки O обертання важеля 1 не стане дорівнювати моменту відносно цієї ж точки, який створюється масою яйця $G_{я}$, тобто:

$$G_{я}a = F_1b_1.$$

де a , b — плечі прикладання сили $G_{я}$ і F_1 .

Враховуючи попередню залежність, умову рівноваги важеля 1 можна записати у вигляді:

$$G_{я}a = S_c b P_{атм},$$

або

$$P_{атм} = k G_{я},$$

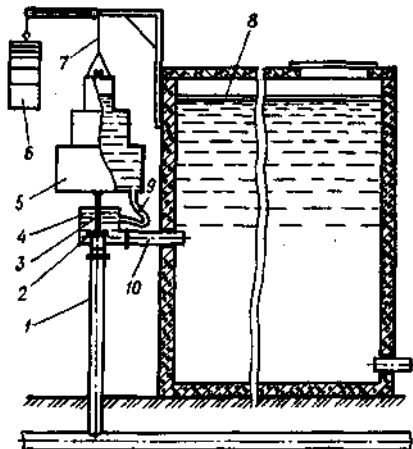
де $k = \frac{a}{S_c b}$ — коефіцієнт підсилення маси вимірювача.

5.7. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАПУВАННЯ ПТИЦІ

Автоматичний пристрій для подачі води (рис. 5. 28) призначений для автоматичного регулювання подачі води в нагромаджувач. Він складається із регульованої місткості 5 (рис. 5. 28) із змінним за висотою перерізом. Місткість зверху канатом 7 з'єднана з тягарем 6, знизу жорстко з'єднана з запірним клапаном 2. Гідрокоробка встановлена на трубопроводі 1 і сполучена водоподаючим патрубком 10 з резервуаром 8 для води. Принцип дії пристрою такий. З витратою води рівні в резервуарі 8 і в місткості 5 знижуються. При цьому кількість води в місткості зменшується спочатку незначно, а потім швидкість витікання води поступово збільшується, оскільки місткість спорожнюється поступово, починаючи з меншого об'єму. Після поступового випорожнення місткості під дією напора в трубопроводі і тягарця повільно піднімається, в результаті чого штовх піднімає клапан і відкриває доступ води із трубопроводу в гідрокоробку. Так заповнюється резервуар. Коли вода досягне рівня води в резервуарі вище місткості, вона із

5.28. Автоматичний пристрій для подачі води:

1 — трубопровід; 2 — клапан; 3 — шток; 4 — гідрокоробка; 5 — місткість; 6 — тягарець; 7 — тросик; 8 — резервуар; 9 — шланг; 10 — пагрубок



гідрокоробки через гнучкий шланг надходить до місткості знизу вверх, починаючи з більшого об'єму. У міру заповнення місткості її маса стає більшою за зусилля тягарця. В результаті чого запірний клапан перекриває гідропровід.

Індукційні витратоміри. Принцип дії таких витратомірів ґрунтується на законі електромагнітної індукції, відповідно до якого наведена в провіднику електрорушійна сила E пропорційна швидкості V переміщення його в магнітному полі:

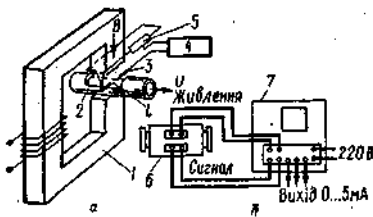
$$E = BlV.$$

Магнітне поле з магнітною індукцією B при цьому створюється електромагнітом (рис. 5. 29, а), а роль провідника l , що рухається в магнітному полі, виконує частина електропровідної речовини в відрізку немагнітної труби 2. Наведена е.р.с., пропорційна швидкості потоку V , є мірою витрати речовини. Вона знімається двома електродами 3 і подається на підсилювач 4. Одночасно в стовпчику речовини, як у вторинній обмотці трансформатора наводиться е.р.с., яка перешкоджає вимірюванню. Для її знешкодження до одного із електродів, вмонтованого в трубу, приєднується виток, що замкнений на низькоомний резистор 5. Пересуваючи повзунок резистора можна встановити його так, щоб трансформаторна е.р.с. шуму наближалась до нуля.

Електромагнітний метод дозволяє вимірювати витрати у тих випадках, коли інші методи непридатні.

Найпоширеніший на птахофабриках індукційний витратомір ІР-51 складається із первинного перетворювача ПР-1 і вимірювального блока ІВ-51, змонтованого в щиті.

Перетворювач витрати 6 складається із труби та електромагніту (рис. 5. 29, б). Труба виготовлена із немагнітного нержавіючого матеріалу, а внутрішня поверхня її вкрита ізоляційним матеріалом. По обидва боки труби роз-



5.29. Індукційний витратомір:

а — принципова схема первинного перетворювача; б — схема вимірювань: 1 — електромагніт; 2 — труба; 3 — електроди; 4 — підсилювач; 5 — трансформаторний виток; 6 — первинний перетворювач; 7 — вимірювальний пристрій

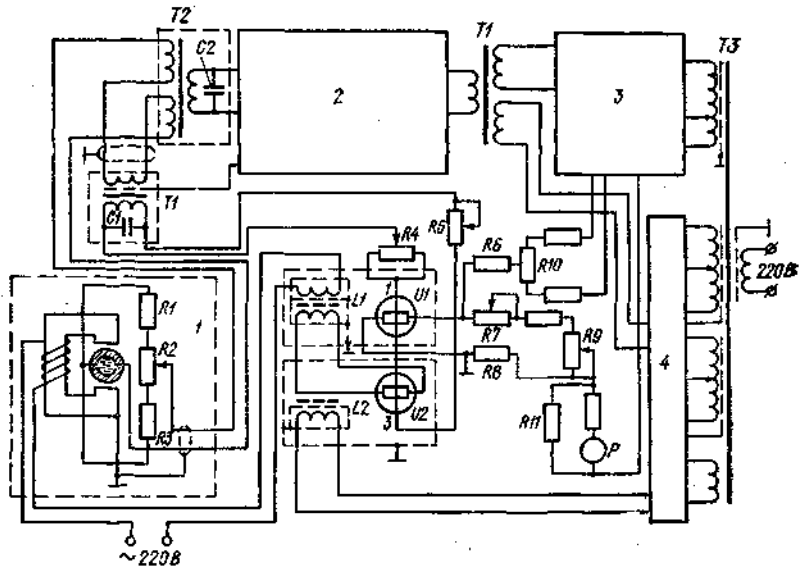
міщені електромагніти, які складаються із двох однакових котушок і магнітопроводу. В середній частині труби введені два електроди, ізольовані від стінок. Перетворювач встановлюють в розрив трубопроводу за допомогою фланців. Вимірювальний пристрій 7 складається з двох дроселів з елементами Хола і трьох трансформаторів (вхідного, зворотного зв'язку і мережі).

На титульну частину виведенні індикатор установки нуля, резистор регулювання нуля R_H 10, сигнальна лампа, перемикач для точної установки нуля і вимикач мережі. При ввімкненні живлення 220 В вимірювальний перетворювач 1 (рис. 5.30) видає з резистора R_2 сигнал, пропорційний витраті речовини. Оскільки магнітний потік, що перетинає стовпчик речовини, змінний, то е. р. с. сигналу також буде змінна. Цей сигнал надходить на вхідний трансформатор T_2 , а потім на підсилювач змінного струму 2, складеного на п'яти транзисторах. Підсилювач не тільки збільшує сигнал, але й повертає його по фазі на 180° . В середню точку первинної обмотки трансформатора T_2 ввімкнена вторинна обмотка трансформатора T_1 , через який надходить сигнал від'ємного зворотного зв'язку.

Вихідний трансформатор T_1 підсилювача 2 має дві вторинні обмотки, за допомогою яких відбувається розподіл підсиленого сигналу на основний (детектор 3) та квадратурний (детектор 4). В основному каналі знешкоджується трансформаторна е. р. с. і виділяється корисний сигнал, в квадратурному — виділяється трансформаторна е. р. с., зсунута відносно корисного сигналу на 90° .

Сигнал від'ємного зворотного зв'язку формується на двох елементах Хола U_1 та U_2 , кожен з яких являє собою пластину з чотирма виводами, розташованому в магнітному полі.

З вихода детектора основного каналу сигнал постійного струму пропорційний витраті речовини, надходить на прилад P з шунтом R_{11} , подільник від'ємного зворотного зв'язку R_7, R_8, R_9 і на елемент Хола U_1 (модулятор основного каналу), розташований в магнітному зазорі дроселя L_1 .



5.30. Принципова схема витратоміра IP-51:

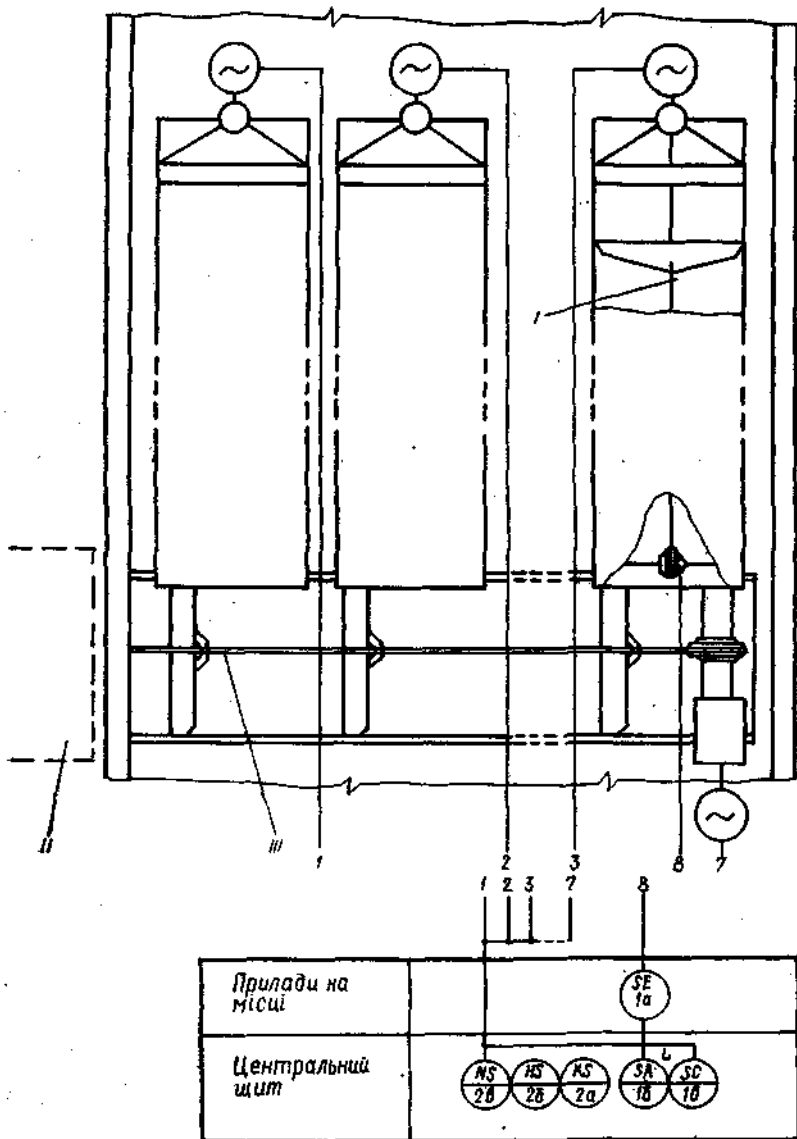
1 — вимірювальний перетворювач; 2 — підсилювач змінного струму; 3 — основний детектор; 4 — квадратурний детектор

Обмотка дроселя $L1$ ввімкнена послідовно в коло живлення обмотки збудження первинного перетворювача витрати.

В результаті взаємодії змінного магнітного поля і постійного струму, пропорційного витраті на затискачах напруги елемента Хола, виникає змінна напруга частотою 50 Гц, пропорційна магнітному потоку і струму.

Модулятор квадратурного каналу виконаний на елементі Хола $U2$, розміщеного в магнітному полі дроселя $L2$. Обмотка дроселя живиться постійним струмом від детектора квадратурного каналу і струмом зміщення робочої точки від стабілізованого джерела.

Струмове коло елемента Хола $U2$ живиться змінним струмом частотою 50 Гц. В результаті взаємодії постійного магнітного поля і струму частотою 50 Гц на затискачах 2 і 3 $U2$ виникає змінна напруга, пропорційна значенню трансформаторної перешкоди. Обидві напруги компенсації відносно зсунуті на 90° . Коло корекції, яке складається з потенціометра $R10$, на який подається постійна стабілізована напруга, служить для встановлення нуля витратоміра. Наявність уніфікованого сигналу постійного струму 0—5 мА дозволяє під'єднувати до вимірювального пристрою витратоміра блоки ГСП, а також використовувати їх в мікропроцесорних системах контролю та керування.



5.31. Схема автоматизації прибирання послиду в пташнику:

I — поздовжній транспортер; II — накопичувач послиду; III — поперечний транспортер

5.8. АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ ЗАБОЮ ПТИЦІ

Забійна лінія В2-ФЗЛ-3 використовується для переробки бройлерів, курей та курчат.

Цех призначений для обслуговування бройлерних птахофабрик потужністю 6 млн. голів на рік, а також великих птахофабрик яєчного напрямку, племптахо заводів.

Продуктивність цеху — 3000 гол/год з випуском м'яса птиці в гостовому вигляді, супових наборів із ніжок та голів, кормового борошна та пір'я.

Для збереження птиці у забійному цеху передбачені чотири універсальні холодильні камери на 240 т. До забійного цеху входять такі технологічні лінії (ділянки):

ділянка транспортування птиці до місця її підвішування на конвеєрі; лінія забою птиці та первинної обробки тушок; лінія обробки тушок;

лінія охолодження тушок та харчових субпродуктів;

лінія запаковування внутрішніх органів у поліетиленову плівку;

ділянка сортування, фасування та запаковування тушок у пакети з поліетиленової плівки;

ділянка переробки відходів тваринницького походження на кормове борошно.

Пристрій для санітарної обробки К7-ФО-2-Л6 призначений для очищення та дезинфекції всіх рухомих елементів конвеєра. Його встановлюють перед ділянкою підвішування живої птиці. Це механізм, який складається з двох щіток, що обертаються, розташованих на відкритих стінках.

Апарат електроглушіння РЗ-ФЗО призначений для анестизування живої птиці електричним струмом під час її руху на конвеєрі. У вигляді контактного електроду в ньому використовують воду, яка знаходиться в ізольованому об'ємі. Апарат складається із стояка, ванни, контактної напрямної лебідки для регулювання висоти встановлення ванни та електричного блока.

Птиця, занурюючись з головою у воду, до якої підведений електричний контакт, замкне електричне коло вода — напрямна (другий електрод), під дією струму впадає в шоківий стан, що полегшує подальший забій. Наявність води забезпечує надійний контакт та дозволяє значно знизити робочу напругу струму, потрібну для глушіння птиці.

Пропускна здатність апарату для бройлерів, курей та курчат до 6000 гол/год, а для каченят та качок 2000 гол/год. Діючу напругу електричного струму можна змінювати в межах 15—220 В, габаритні розміри установки 1350×950×

×2200 мм, маса 150 кг. Час глушіння 6 с. Напруга робочого середовища для бройлерів (курей, цесарок) 90—110 В, а для каченят (гусенят, індичат) — 120—135 В.

Машина для зовнішнього забою В2-ФЦЛ-6/4 складається із каркасу, регульованого за висотою стояка, привода, дискового ножа, двох напрямних та двох підпружинених важелів.

Лічильник птиці В2-ФЦЛ-6/66 складається із системи важелів та напрямних, змонтованих на металевій рамці, та ящика, який виноситься за межі забійного цеху.

На рамі кріпиться клемна коробка та дві напрямних, до однієї з яких кріплять датчики з вимикачем, важелем та противагою.

Машина для зняття пір'я К7-ФЦЛ/7 складається з двох панелей, двох опорних рам, зрошувальної системи та системи важелів. Кожна панель представляє собою каркас, зварений з листів та стяжок. На одному з листів кожного каркасу, який також є передньою стінкою, змонтовані три ряди ротодисків (по сім вузлів у кожному ряду). Всі ротодиски обладнанні рифленими гумовими робочими органами (формовими виробами) — пальцям. Верхній та нижній ряд ротодисків зроблені з нахилом.

Контрольні запитання

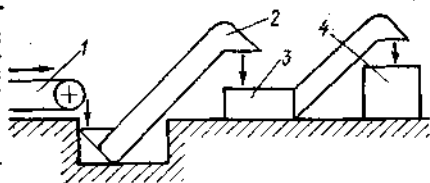
1. Назвіть основні способи утримання курей. 2. Поясніть основні потоки і технологічний процес виробництва дієтичних яєць. 3. У чому полягають переваги кліткового утримання курей і типи кліток? 4. Як регулюється світловий режим у пташнику? 5. Побудуйте схему автоматизації мікропроцесорної системи контролю та управління технологічними процесами в пташнику (температурою, вологістю, концентрацією NH_3). 6. Поясніть принцип дії індукційного витратоміра. 7. Які типи технологічного обладнання для утримання курей ви знаєте? 8. Поясніть роботу пристрою для сортування яєць за масою. 9. Як використовується принцип дії електродвигуна для вимірювання витрати речовини?

6. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТВАРИННИЦТВІ

6.1. АВТОМАТИЗАЦІЯ ГОДІВЛІ ТВАРИН

Процес годівлі тварин включає технологічні процеси з кормоприготування та роздачі кормів. Корм на тваринницьких фермах у кормоцехах і кормокухнях готують за допомогою спеціалізованих машин, складених у лінії по підготовці окремих видів кормів. За принципом дії машин для приготування кормів поділяються на різальні, подрібню-

6.1. Технологічна схема приготування коренебульбоплодів:
 1 — завантажувальний транспортер;
 2 — подаючий транспортер;
 3 — машина для миття та подрібнення;
 4 — запарник



вальні, мючі, розминаючі, перемішуючі і запарюючі. Роздавання кормів здійснюється транспортно-дозувальним обладнанням, принцип дії якого залежить від виду корму. Для сухого корму — це тросово-шайбові транспортери з дозуючими пристроями або звичайні стрічкові транспортери, для зволоженого корму — платформові або мобільні кормороздавачі, для рідкого — кормороздаючі гідравлічні системи.

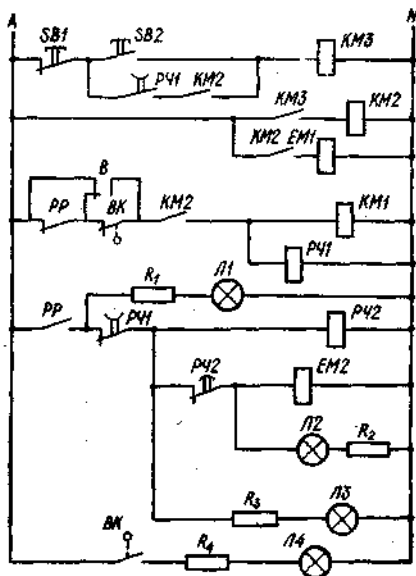
До різальних машин належать: соломорізки РСС-6 для різання соломи та подрібнення зелених стеблин, подрібнювачі зеленої маси, коренеплодів, кукурудзяних стрижнів типу «Волгар-5», ИКС-5М, КПИ-4 та інші. Зернові подрібнюють на дробарках типу ДММ, ДКМ-2, ДДР, КДУ та ін. Для змішування та запарювання застосовуються запарники-змішувачі АПС-6, ВК-1, С-12 тощо.

Автоматичний пристрій подрібнюючих та різальних машин оснащується комплектами, до яких входять пульт управління, панель регулятора та силова панель. Захист електродвигуна від короткого замикання здійснюється автоматичними вимикачами з комбінованим розчіплювачем-перемикачем, настроєним на номінальний струм. Для захисту двигуна від перевантаження застосовують реле ТРП-150А, а також реле максимального струму миттєвої дії.

Автоматичне регулювання навантаження двигуна здійснюється за допомогою датчика струму, підключеного в одну з фаз мережі живлення електродвигуна.

Крім оптимального завантаження електродвигунів машин для приготування кормів, систему управління використовують для послідовного включення машин при їх з'єднанні в потокову технологічну лінію. Розглянемо роботу такої автоматичної системи на прикладі управління лінією по приготуванню коренебульбоплодів.

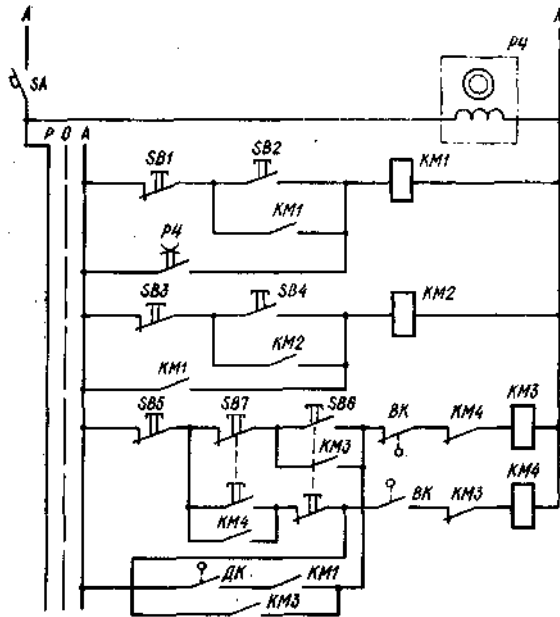
При роботі потокової лінії (рис. 6.1) завантажувальний транспортер 1 подає коренебульбоплоди в подаючий транспортер 2, за допомогою якого вони надходять до мючої та подрібнюючої машини 3. Після подрібнення січка потрапляє в запарник 4, а звідти в кормороздавач.



6.2. Принципова електрична схема управління процесом приготування коренебульбоплодів

Потокова лінія (рис. 6.2) включається в роботу кнопкою *SB1*. При натисканні кнопки *SB1* одержує живлення магнітний пускач *KM2* електродвигуна подаючого електротранспортера, а контакти *KM2* замикають коло електромагніта *EM1*, що подає воду для миття коренів. При цьому пускач *KM1* включає завантажувальний транспортер, а реле часу *PЧ1* також замикає свої замикаючі і розмикає розмикаючі контакти.

Таким чином, всі машини потокової лінії підключені послідовно проти потоку матеріалу і, тим самим, виключена можливість завалу машин або транспортерів. У баці для запарювання встановлені датчики рівня *PP*, які при заповненні його до певного рівня відключають завантажувальний транспортер. При цьому в електричній схемі відбуваються такі переключення. Розривається коло живлення пускача *KM1* і реле часу *PЧ1*. Пускач *KM1* відключає завантажувальний транспортер і подача продукту в технологічну лінію припиняється. Реле часу через певну витримку часу, достатню для звільнення потокової лінії від продукту, розмикає контакти *PЧ1* в колі котушки пускача *KM3*, що зупиняє всю потокову лінію і припиняє подачу води до мийниці. Одночасно *PЧ1* замкне свої контакти в колі електромагніта *EM2*, що вмикає подачу пари в кормозапарник. Включається реле часу *PЧ2*, яке через певний час, достатній для запарювання, розімкне свої контакти, які відключають *EM2* і припинять надходження пари. Якщо готовий продукт потрапляє до кормороздавача, то вимикач *В* повинен знаходитись у лівому замкненому положенні. При наповненні кормороздавача розмикаються контакти кінцевого вимикача *ВК*, відключається завантажувальний транспортер і після певної витримки часу відключається вся потокова лінія.

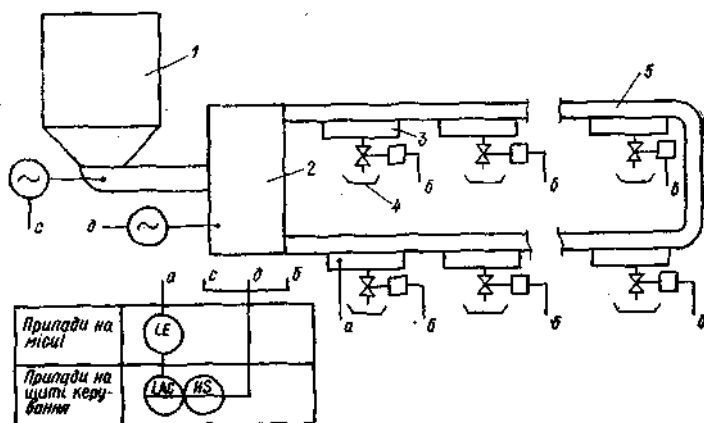


6.3. Принципова схема управління процесом роздачі кормів кормороздавачем РКС-3000М

Для роздачі всіх видів грубих кормів і силосу при прив'язному утриманні корів найчастіше застосовують стаціонарні ланцюгові роздавачі ТВК-80А. Кормороздавач складається із завантажувального бункера з натяжним пристроєм, дерев'яних годівниць ланцюга з скребками та приводного електродвигуна потужністю 6 кВт. Корм до бункера завантажують пересувними кормороздавачами КТУ-10, ПТУ-10К або РМ-5. Управління процесом роздачі кормів здійснюється вручну з пульта управління. Сигнали про заповнення годівниць подаються за допомогою кінцевих вимикачів та реле, що вмикають сигнальні пристрої.

У свинарниках при груповому утриманні свиней використовують стаціонарний роздавач РКС-3000М, яким можна роздавати сухі та зволожені до 70 % корми. Готовий корм з бункера-дозатора подається завантажувальним транспортером, звідки за допомогою скребків надходить до годівниць.

В автоматичному режимі в заданий програмою час спрацьовує програмне реле РЧ (рис. 6.3) і замикає свої контакти в колі котушки магнітного пускача КМ1. Магнітний пускач своїми контактами вмикає КМ2 — магнітний

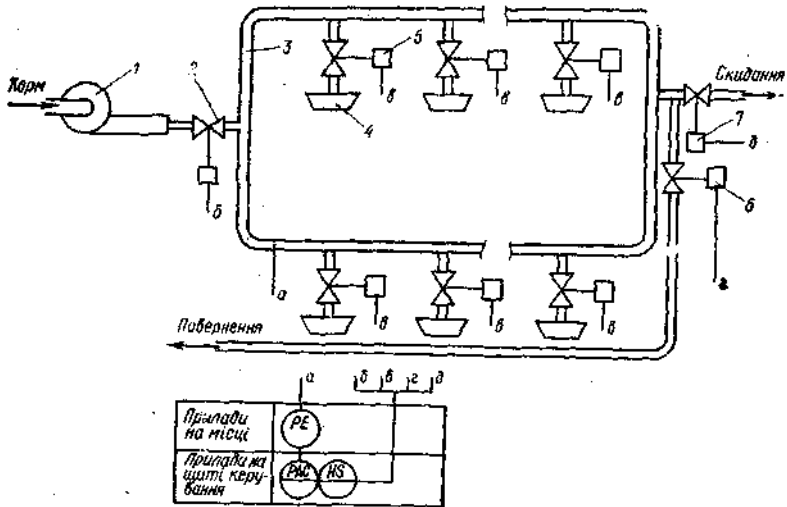


6.4. Функціональна схема автоматизації тросо-шайбового кормороздавача КШ-0,5:

1 — бункер; 2 — привод транспортера; 3 — дозатори; 4 — годівниці; 5 — транспортер

пускач бункера-дозатора і замикає свої контакти в котушці магнітного пускача *КМЗ*. Коли корм починає надходити із завантажувального транспортера, замикаються контакти датчика *ДК* і вмикається магнітний пускач роздавальної платформи *КМЗ*. Як тільки платформа буде заповнена, вона натисне на кінцевий вимикач *ВК*. При цьому його розмикаючі контакти розімкнуться, а замикачі замкнуться. Відключиться пускач *КМЗ* і вмикається *КМ4*. Відбудеться реверсування двигуна платформи і корм скребками почне скидатись в годівниці. Одночасно платформа заповнюватиметься кормом для другої половини годівниць. В іншому граничному положенні платформа знову натисне на *ВК*, тоді вмикається *КМЗ* і відключиться *КМ4*. Платформа змінить напрямок руху і почне скидати корм в другу половину годівниць. Так триватиме доти, поки реле часу *РЧ* своїми контактами не виключить роздатчик. Якщо корм буде витрачений раніше, то датчик *ДК* раніше відключить об'єднання.

При нормованій годівлі сухими кормами (наприклад, комбікормами) і широкому діапазоні норм видачі застосовують тросово-шайбові транспортери *КШ-0,5*, які забезпечують індивідуальне дозування. Згідно з функціональною схемою автоматизації (рис. 6.4) управління роздачею кормів здійснюється так. При включенні в рух транспортеру об'ємні індивідуальні дозатори заповнюються кормом. Ступінь заповнення залежить від висоти встановлених на



6.5. Функціональна схема автоматизації кормороздавальної гідралічної системи:

1 — гідронасос; 2 — головний клапан; 3 — лінія кормороздачі; 4 — годівниця; 5 — місцевий клапан дозування; 6 — клапан повернення; 7 — клапан скидання

дно телескопічних насадок. Датчик рівня, встановлений в останньому дозаторі сповіщає систему управління про готовність її для роздачі. Видача корму проходить в зазначений час одночасним включенням солейдних заслінок S.

Найкращими вважаються гідралічні кормороздавачі для рідкого корму (рис. 6.5) Кормороздаюча система включає гідронасос 1, яким забезпечує постійність тиску в системі. До кожної годівниці 4 від магістралі виконана відпайка через кормороздаточний клапан. Послідовне відкриття клапанів дозволяє точно дозувати видачу кормосуміші за часом відкриття клапану.

Клапани 6 і 7 забезпечують повернення решток та скидання рідини з магістралі при її промиванні та дезинфекції.

6.2. АВТОМАТИЗАЦІЯ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

При значній концентрації тварин на обмежених площах вирішальна роль в падінні їх продуктивності відводиться створенню оптимального мікроклімату.

Мікроклімат — це сумарне значення окремих факторів — температури, вологості, швидкості руху та газового

складу навколишнього повітря, наявності пилу та мікроорганізмів, рівня радіації, іонізації, а також освітлення, атмосферного тиску тощо.

Дія різних факторів навколишнього середовища на організм тварин проявляється в деяких змінах її фізіологічного стану: кровообігу, дихання, терморегуляції, газообміну та ін. Дослідженнями, наприклад встановлено, що продуктивність молочних корів на 70 % визначається умовами навколишнього середовища і лише на 30 % — генетичними ознаками.

Таким чином, зміною складу та властивостей навколишнього складу та властивостей навколишнього середовища можна впливати на організм тварин, досягаючи високої продуктивності.

Мікроклімат у тваринницьких приміщеннях залежить від багатьох умов — зонального клімату, теплотахисних властивостей огороджуючих конструкцій приміщень, рівня повітрообміну, ефективності вентиляції, стану каналізації, способів прибирання та видалення гною, освітленості, а також технології утримання тварин.

Із перелічених факторів мікроклімату найбільш суттєво на організм тварин впливають температура, вологість та газовий склад повітря. Так, при низькій температурі збільшується тепловіддача тварин, що призводить до посиленого споживання корму і навіть до захворювання. Висока температура, навпаки, спричиняє перегрів. Але найбільш негативний вплив чинять на організм (в першу чергу молодняка) різкі коливання температури. Інші фактори мікроклімату (вологість, газовий склад) за умов відхилення їх параметрів за межі, що рекомендуються технологіями, також пригнічують життєдіяльність організму тварин, однак, значно менше.

Деякі норми параметрів мікроклімату для сільськогосподарських тварин наведені в табл. 6. 1 та 6. 2.

Утримання сільськогосподарських тварин на фермах та комплексах характеризується трьома основними періодами:

зимовим, коли повітрообмін у приміщенні мінімальний, а кількість теплоти, що подається від додаткових джерел, підвищенна;

літнім, коли повітрообмін максимальний;

перехідним (весняно-осіннім), коли має забезпечуватись досить інтенсивний повітрообмін та певне надходження теплоти.

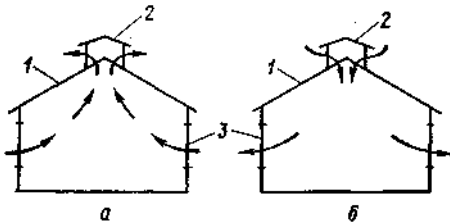
У ці періоди працює відповідне технологічне обладнання: система вентиляції та система теплозабезпечення.

**6.1. Норми температури та вологості повітря
для великої рогатої худоби**

Приміщення	Тварини	Утримання тварин	Розрахункова температура, °C	Відносна вологість, %	
				max	min
Для корів, молодняка та худоби на відгодівлі	Корови, бики, молодняк більше року	Прив'язне та боксове	10	75	40
Для корів та молодняка молочних порід	Корови та молодняк усіх вікових груп молочних порід, м'ясні породи перед та після отелення	Безприв'язне на глибокій підстилці	3	85	40
Для молодняка	Молодняк від 4—6 до 12 міс.	Групове безприв'язне	12	75	40
Телятники	Телята від 10—12 днів до 4—6 міс.	Групове безприв'язне	15	75	40
Родильне відділення	Корови глибоко-тільні	Прив'язне	15	75	40

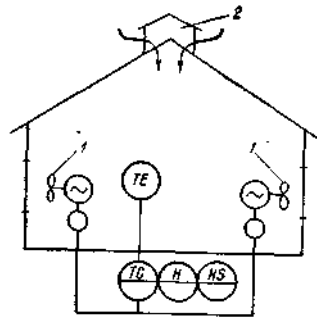
6.2. Норми температури та вологості повітря для свиней

Приміщення	Розрахункова температура, °C	Відносна вологість, %	
		max	min
Для маток та хряків	16	75	40
Для поросят та ремонтного молодняка	20	70	40
Для свиней на відгодівлі	18	75	40
Для важкопоросних та підсисних свиноматок	20	70	40



6.6. Рух повітряної маси в сільсько-господарських приміщеннях:

а — витяжна вентиляція; б — припливна вентиляція; 1 — приміщення для утримання тварин; 2 — шахта; 3 — отвори в стінах



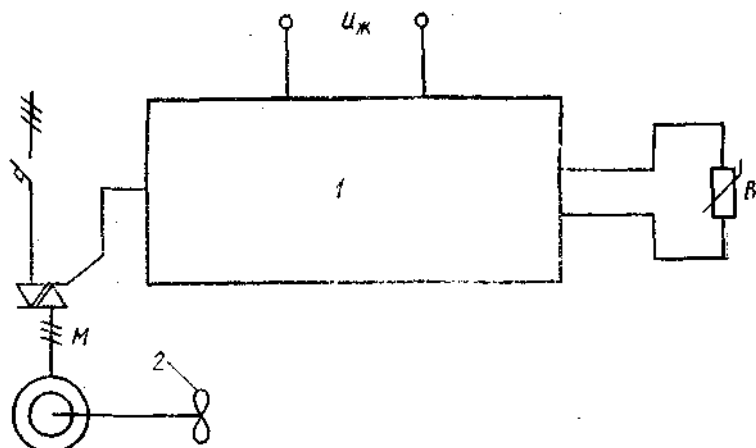
6.7. Схема автоматизації повітрообміну в тваринницькому приміщенні:

1 — осьові вентилятори; 2 — шахта

На практиці знайшли широке застосування два варіанти повітро- та теплопостачання сільськогосподарських приміщень (рис. 6.6), при якому забір повітря здійснюється через спеціальні отвори в стіні або шахти на даху приміщень.

У літній період лишки тепла виводяться за межі приміщення за рахунок вентиляційної системи (рис. 6.7). Найчастіше використовується при цьому вентиляційна установка «Клімат-4». До її складу входять осьові вентилятори типу ВО, що приводяться спеціальними асинхронними двигунами з підвищеним ковзанням, а також комплект технічних засобів, який забезпечує автоматичне управління частотою обертання вентиляторів. Розрізняють ступінчасте та безперервне регулювання частоти обертання вентиляторів. Перше забезпечується автотрансформатором та позиційною станцією управління ШАП-5701 (основою її є позиційний регулятор ПТР-3). Друге — станцією управління МК-ВУЗ та іншими аналогічними (наприклад «Кліматика»). При цьому основою в останніх станціях є схема управління силовими симісторами (рис. 6.8), за допомогою якої автоматично (залежно від температури) змінює напруга живлення електричних двигунів — приводів вентиляторів.

Припливна вентиляція включає високонапорні вентилятори з електроприводом, що подають повітря до розподільчого повітропроводу (рис. 6.9). При потребі повітря, що подається до приміщення, може підігріватися калорифером. Частота обертання вентилятора змінюється вручну (наприклад, залежно від віку тварин). Кількість теплоти, що від-

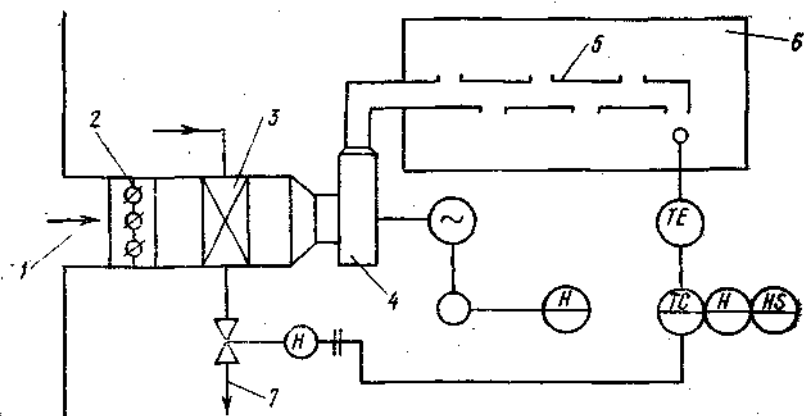


6.8. Спрощена електрична принципова схема безперервного регулювання частоти обертання електродвигунів вентиляторів:

1 — схема управління силовими симісторами; 2 — осьовий вентилятор

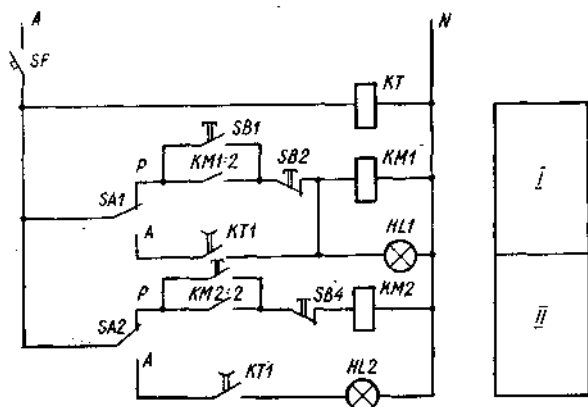
дає калорифер, регулюється автоматично за допомогою промислових регуляторів типу Р. 25, РС. 29.

При утриманні в одному й тому ж приміщенні різних за віком тварин (наприклад, свиноматок та молодняка) виникає проблема забезпечення їх необхідним температурним режимом. У цьому випадку використовують засоби локального обігрівання (наприклад, опромінювачі типу ИКУФ).



6.9. Схема автоматизації припливної вентиляційної системи:

1 — забірна камера; 2 — заслінка; 3 — теплообмінник; 4 — вентилятор; 5 — розподільний повітропровід; 6 — приміщення; 7 — трубопровід для теплоносія



В.10. Електрична принципова схема управління опромінювачем ИКУФ-1:
 I — управління лампами ультрафіолетового опромінення; II — управління лампами інфрачервоного опромінення

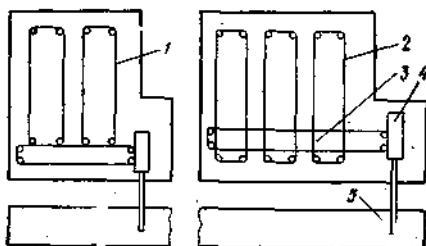
На рис. 6.10 зображена електрична принципова схема управління опромінювачем ИКУФ-1. Як видно, автоматичний режим управління забезпечує реле часу *KT*.

Зазначені системи управління мікрокліматом тривалий час використовуються на фермах України. Надійнішими є позиційні системи, а більш точними — безперервні.

6.3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ НА ТВАРИНИЦЬКИХ КОМПЛЕКСАХ

Роботи по прибиранню і видаленню гною характеризуються значною трудомісткістю і потребують сучасних механізмів і систем управління для повної автоматизації цих процесів. Найпоширеніші ланцюгові транспортери: скребоків кругового руху ТСН-2,ОБ, ТСН-3,ОБ ТСН-160, штангові зворотно-поступального руху ТШ-30А та скреперні УС-10, УС-15. Для кожного типу транспортерів розроблені комплекти апаратури автоматичного управління, які враховують особливості їх роботи: забезпечення певної послідовності вмикання і вимикання транспортерів; вмикання починається з кінцевого транспортера, а вимикання — наизпаки.

Принципова електрична схема (рис. 6.11) комплекту управління скребковими транспортерами типу ТСН здійснює управління двома транспортерами: круговим для прибирання гною і похилим для видалення гною за межі приміщення. Дистанційне управління електродвигунами здійснюється за допомогою кнопок *SB1* — *SB4*. При натисканні *SB3* подається напруга на котушку пускача *KM1*, яка вми-



6.12. Технологічна схема поточної лінії видалення гною: 1 — скребокний транспортер ТСН-160А; 2 — скреперна установка УС-15; 3 — гноезбиральний конвеєр КНП-10; 4 — шоршневий насос УТН-10; 5 — гноєсховище

ченням їх поділяють на кілька груп: поздовжні для збирання гною з-під тварин і поперечні для транспортування гною з приміщення, а також завантажувальні для завантаження мобільних транспортних засобів або перекачування до гноєсховища.

Такі лінії складаються з транспортерів ТСН-160А або ТСН-2,0Б, КНП-10 і УТН-10 при прив'язаному утриманні тварин. При боксовому утриманні використовують транспортери УС-15, КНП-10 і УТН-10.

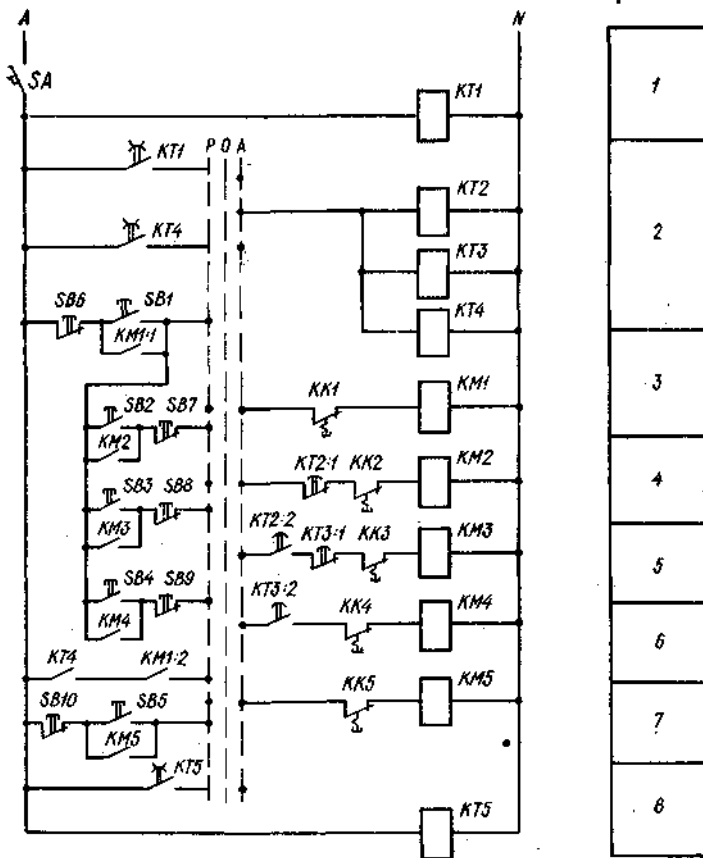
Згідно з технологічними вимогами на рис. 6.13 зображена принципова електрична схема автоматизації поточної лінії, відповідно до заданої програми реле часу *КТ1* своїми замикаючими контактами вмикає реле часу *КТ2*, *КТ3*, *КТ4*. Реле часу *КТ4* своїми контактами вмикає магнітний пускач *КМ1* поперечного транспортера і *КМ2* першого збирального транспортера. Через час, необхідний для прибирання гною першим транспортером, спрацьовує реле часу *КТ2*, яке своїми контактами вмикає магнітний пускач першого транспортера і вмикає пускач *КМ3* другого збирального транспортера. Через час, потрібний для прибирання гною другим транспортером, реле часу *КТ3* вмикає другий і вмикає третій транспортер. Якщо транспортери однакові, перемикання відбувається через однакові проміжки часу.

В кінці роботи програмне реле часу *КТ1* розмикає свої контакти і знеструмлює всі три реле часу і відповідні поздовжні транспортери.

Через час, достатній для звільнення від гною поперечного транспортера, він вимикається часовим реле *КТ4*. Насос для перекачування гною у гноєсховище вмикається і вимикається залежно від місткості резервуарів за допомогою реле часу *КТ5*.

Якщо подача поперечного транспортера дорівнює або більша за сумарну подачу поздовжніх, допустиме одночасне вмикання всіх транспортерів. У цьому разі управління спрощується за рахунок видалення із схеми реле *КТ2—КТ4*.

Слід відзначити недостатню надійність транспортерів кругового руху типу ТСН. Більш досконалими є гідравлічні,

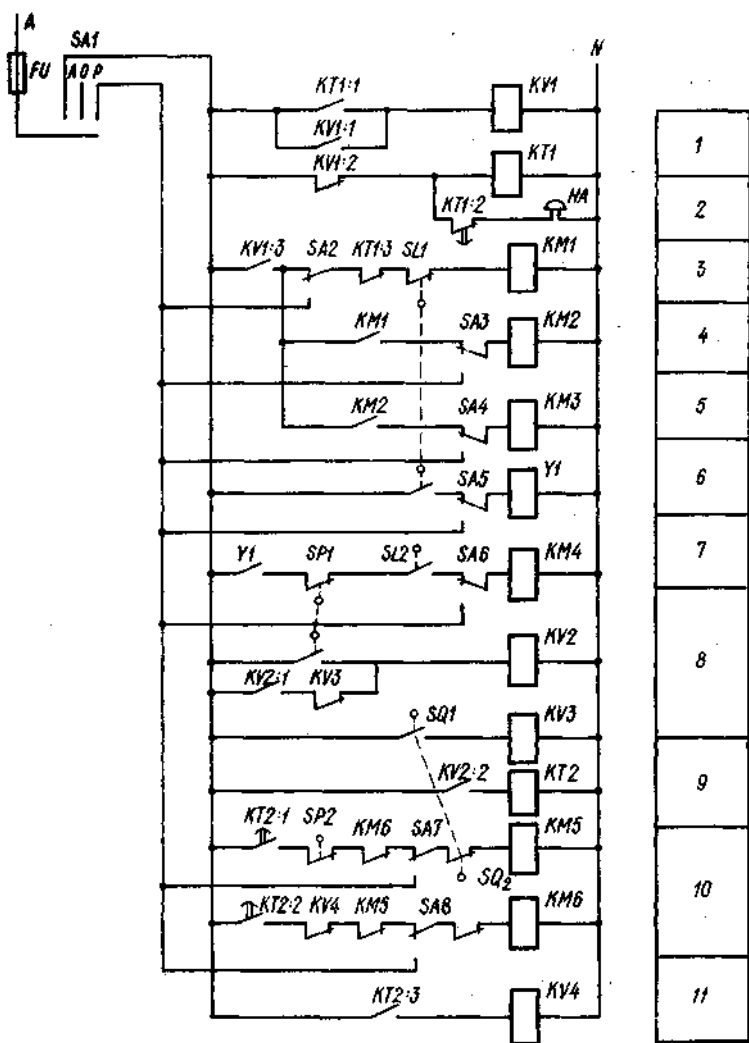


6.13. Принципова електрична схема управління поточною лінією видалення гною:

1, 8 — програмне реле часу; 2 — реле часу; 3 — поперечний транспортер КНП-10; 4, 5, 6 — поздовжні транспортери відповідно № 1, № 2 і № 3; 7 — насос

пневматичні і комбіновані системи видалення гною із збиранням твердої та рідкої фракцій.

Технологічна схема видалення гною з пневмотранспортуванням до сховища передбачає періодичне перемикавання гноезбірника та створення надлишкового тиску повітря. Під дією стиснутого повітря гній витісняється в трубопровід, звідки транспортується у гноесховище. Схема системи управління (рис. 6.14) передбачає автоматичний і ручний режими управління. В автоматичному режимі SA1 перемикають в положення А, схема вмикається і спрацьовує звукова сигналізація НА. Програмне реле часу KT1 контак-



6.14. Принципова електрична схема управління видаленням гною з пневмотранспортуванням:

1, 9 — реле часу; 2 — звукова сигналізація; 3 — поперечний транспортер; 4, 5 — збиральний транспортер; 6 — електромагніт клапана охолодження; 7 — компресор; 8 — логічна схема керування; 10 — кришка гнозбірника; 11 — блокування реверса кришки

тами *KT1*: 1 вмикає реле *KV1*. Контакт *KV1*: 2 знімає звуковий сигнал, а *KV1*: 3 вмикає магнітні пускачі *KM1*, *KM2* і *KM3* поперечного і двох поздовжніх транспортерів збирання гною.

Після спрацювання датчика рівня *SL1* в резервуарі гноезбірника вмикається магнітний пускач *KM1*, гноезбіральної транспортери зупиняються. Одночасно вмикається клапан подачі води *У1* і магнітний пускач *KM4* управління компресором. Коли тиск у гноезбірнику досягне норми, вмикається реле *KV2* і реле часу *KT2*. Із витримкою часу 2—5 с контакт *KT2 : 2* вмикає виконавчий механізм *KM6* затвору гноезбірника, при цьому відкривається клапан подачі повітря, а *KM6* вмикається кінцевим вимикачем *SQ2*.

Після витіснення гною тиск у системі зменшується, замикаються контакти *SP2* і вмикають магнітний пускач *KM5*. Відкривається затвор гноезбірника, а вентиль подачі повітря закривається.

У кінцевому положенні електропривод затвору вмикається кінцевим вимикачем *SQ1*. Реле *KV2* запобігає повторному вмиканню засувки гноезбірника.

Утилізація гною. Гній є цінним джерелом органічних добрив, а також енергії у вигляді вторинного тепла і біогазу. Раціональне використання енергетичних ресурсів, що містяться у гної, стає можливим завдяки його біологічній обробці у спеціальних реакторах (метантенках). Для вивільнення енергії, що міститься у свіжому гної, він послідовно проходить дві фази обробки — аеробного окислення і анаеробного бродіння.

Перша, аеробна фаза окислення, відбувається при доступі повітря (аерос) і супроводжується отриманням теплоти. Управління при цьому полягає в подачі достатньої кількості кисню в зону окислення і відведенні надлишкового тепла. При аеробному розкладі гною вивільняється така кількість теплоти, що за сприятливих умов температура може досягати 70 °С.

На другій фазі анаеробного бродіння (без доступу повітря) досягають максимізації виходу біогазу. Основним технологічним параметром є температура, яку треба підтримувати на необхідному рівні (близько 32 °С). Кількість витраченої теплоти залежить від загальної маси гною, його теплоємності й теплообміну з середовищем. Розташування реактора всередині тваринницького приміщення та його раціональна конструкція зменшують непродуктивні втрати теплоти.

При дотриманні технології вихід газу досягає 0,8—1 м³ на 1 кг органічної маси гною. Для акумуляції надлишку біогазу використовують газогольдерні установки.

У зв'язку з необхідністю точного управління великою кількістю технологічних параметрів (CO_2 , рН, температура, хімічний склад), процес виробництва біогазу потребує ви-

сокого рівня автоматизації. Але оскільки технологія знаходиться ще в стадії розробки, типових схем автоматизації таких біотехнологічних процесів не існує.

6.4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОЇННЯ ТА ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА

Для механізації та автоматизації процесів доїння при утриманні корів на прив'язі використовують доїльні установки з доїнням у відра ДАС-2В і АД-100Б, а також молокопровідні доїльні агрегати АДМ-8. При безприв'язному утриманні й доїнні в доїльних залах — доїльні установки «Тандем-автомат» УДА-8А, «Ялинка-автомат» УДА-16А та «Карусель» УДА-100. Доїння в літніх таборах та на пасовищах здійснюється доїльними установками УДС-3Б, УДЛ-Ф-12 та УДЛ-Ф-12-1.

Установка доїльна «Тандем-автомат» УДА-8А призначена для машинного доїння корів у доїльних станках з індивідуальним впуском і випуском тварин, транспортування молока в молочне відділення, його фільтрації та охолодження. Вона складається з комплекту станків на вісім місць, ліній промивки і технологічної, восьми маніпуляторів доїння.

Установка забезпечує обмивання і підготовку вимені до доїння, надівання стаканів доїльних апаратів, виконання процесів доїння, відтягування стаканів у кінці доїння, знімання доїльних апаратів, випуск корів із станків, облік надою від кожної корови, фільтрування, охолодження і транспортування молока до місткості зберігання, промивання доїльного обладнання і молокопроводів. Установка має удосконалені циклограми промивання молокопровідних шляхів з попереднім підігрівом їх до початку циркуляції м'якої рідини. За допомогою пульта автомата промивки можна визначити в будь-який момент стадію циклу промивки.

УДА-8А може обслуговувати до 400 голів при двозмінній роботі. Пропускна здатність установки 70 доїнь за годину.

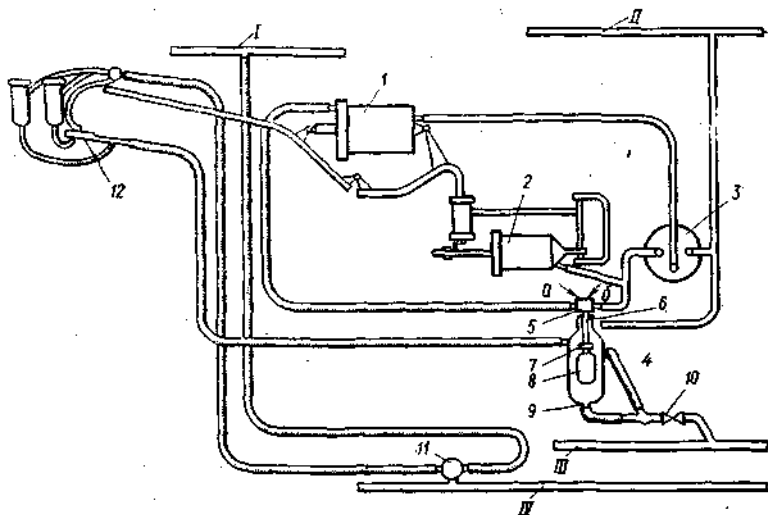
«Ялинка-автомат» УДА-16А призначена для машинного доїння корів у групових доїльних станках і первинної обробки молока на великих фермах. Складається вона з двох секцій, кожна на вісім корів. Робоче місце майстра машинного доїння знаходиться у траншеї між секціями станків. Біля поздовжніх стін траншей проходять технологічні лінії з маніпуляторами доїння МД-Ф-1. Для санітарної обробки вимені призначена лінія обмивання з розбризкувачами. В кожній секції вісім дозаторів роздачі концентрованих кормів, які подаються до них транспортером. Молоко

з доїльного автомата надходить через індикатор обліку до молокопроводу, далі в молокоприймач молочного відділення, а потім молочним насосом через фільтр і пластинчастий охолодник подається в місткість для зберігання.

Установка промивається автоматично за заданою циклограмою. Під час промивки миючий розчин відсмоктується з баку автомата промивки і по трубопроводах, миючих головках, доїльних апаратах, далі через усю систему молокопроводів надходить до молокоприймача, звідки молочними насосами через підігрівник подається в бак для циркуляційної промивки або на злив у каналізацію. Одночасно по відповідному шлангу миючий розчин з баку через охолодник молока засмоктується до молокоприймача, забезпечуючі промивання його верхньої частини та запобіжної камери.

Пропускна здатність установки до 80 корів за годину. Розрахована вона на обслуговування до 600 голів при дво-змінній роботі.

Доїльний автомат МД-Ф-1 (рис. 6.15) призначений для підтримки доїльного апарату в неробочому положенні, полегшення надівання доїльних стаканів на вим'я корови, пристосування підвісної частини апарату до різних розмі-



6.15. Принципова конструктивна схема маніпулятора МД-Ф-1:

1 — циліндр доївання; 2 — циліндр виведення доїльного апарату з-від корови; 3 — кран; 4 — пневмодатчик; 5 — головка; 6 — скоба; 7 — клапан; 8 — поплавок; 9 — калібрований отвір; 10 — затискач; 11 — пульсатор; 12 — доїльний апарат; а і б — штуцери підведення вакууму до циліндрів; I — повітропровід чистого повітря; II — силовий вакуумпровід; III — молокопровід; IV — технологічний вакуумпровід

рів та форм вимені корів, автоматичного контролю інтенсивності виведення молока з вимені, автоматичного виконання машинного додоювання, відключення апарата від джерела вакууму, зняття стаканів з дійок і виведення апарата з-під корови. Виконавчий механізм маніпулятора підтримує підвісну частину доїльної апаратури при надіванні доїльних стаканів на вим'я корови, а також автоматично виконує операції за командами апарата керування. Автомат керування контролює інтенсивність молоковіддачі й подає сигнали на пневмоциліндри виконавчого механізму маніпулятора.

Основним функціональним вузлом автомата керування є пневмодатчик 4 (рис. 6.15). Працює пневмодатчик так. Вихідне положення, коли головка 5 знаходиться на скобі 6 і молоко надходить до його камери, а виливається через калібрований отвір 9. Із збільшенням інтенсивності молоковіддачі поплавок 8 спливає і звільнює скобу 6, яка під дією власної маси перекидається і починається автоматичний контроль процесу доїння. Основна маса молока витікає через обвідний канал у молокопровід. При зменшенні інтенсивності молоковіддачі до 400 г/хв молоко виводиться лише через калібрований отвір 9, поплавок 8, з'єднана з ним головка опускається вниз, отвір каналу штуцера *a* головки з'єднується з постійним вакуумом циліндра додоювання, який через важіль маніпулятора відтягує доїльні стакани вниз, що забезпечує механічне додоювання. При інтенсивності молоковіддачі менше 200 г/хв, поплавок опускається ще нижче, клапан 7 відключає доїльні стакани від молокопровода, у піддійковій камери через отвори в колекторі надходить атмосферний тиск, канал штуцера *b* головки підключає до циліндрів зняття і піднімання маніпулятора вакуумметричний тиск. Доїльні стакани знімаються і виводяться з-під корови. Кран 3 призначений для примусового включення підйому й підтримання доїльних стаканів при їх одіванні на вим'я. Встановлюється маніпулятор на вертикальному стояку станка або на додатково змонтованій опорі. Його маса 10,9 кг.

Комплект обладнання для доїння і нормованої годівлі корів концентрованими кормами на базі мікропроцесорних засобів і АСУТП для молочних ферм на 400 голів з безприв'язним утриманням, призначений для машинного доїння корів у доїльному залі з автоматизованим керуванням процесами доїння, збирання і обліку молока, автоматичної індивідуальної нормованої годівлі корів залежно від їх фізіологічного стану (стадія лактації, продуктивність тощо), збирання, обробки, зберігання та видачі інформації для уп-

равління зооветеринарною роботою та виділення тварин з певних ознак. До комплекту входять дві доїльні установки «Ялинка-автомат» УДА-16А, система розпізнавання номерів тварин, автоматичне обладнання для індивідуальної нормованої годівлі корів концентрованими кормами та персональна мікро-ЕОМ ЕС-1841.

Доїльна установка з автоматизованою системою керування «Ялинка» УДА-Ф-70 призначена для машинного доїння корів з автоматизованим керуванням процесами доїння, збирання і обліку надою молока; автоматичної індивідуальної годівлі концентрованими кормами; збирання, обробки, зберігання та видачі інформації для управління зооветеринарною роботою і зооветеринарного обслуговування. Цю установку використовують для обслуговування стада до 600 корів з середньорічним надоєм до 6000 кг від кожної корови.

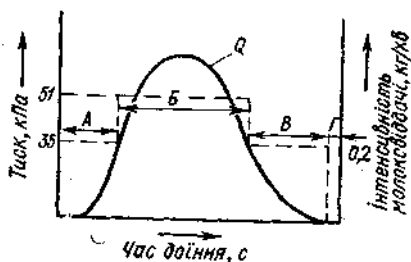
При наявності мікро-ЕОМ на фермі АСУТП забезпечує ідентифікацію тварин, індивідуальний облік надою від кожної корови, прогнозування надою, сигналізацію про запуск корів, про введення антибіотиків, здійснює додоювання, зняття доїльних апаратів з вимені корів, автоматичне визначення захворювання на мастит. Вся інформація друкується автоматичним цифродрукуючим пристроєм у вигляді протоколу доїння.

Автоматизована доїльна установка «Карусель» УДА-100 призначена для машинного доїння корів на конвеєрі в індивідуальних станках, первинної обробки молока на великих фермах і комплексах промислового типу. Вона може обслуговувати до 800 голів корів. Пропускна здатність — 104 доїння за годину.

Порівняно з установкою УДА-16 «Карусель» забезпечує підвищення продуктивності праці в 1,44 раза і має високий рівень автоматизації при одночасному доїнні 16 корів. Установку обслуговують оператор машинного доїння і скотар. Автоматизація процесу доїння здійснюється за допомогою маніпулятора МД-Ф-1 (рис. 6.15).

Автоматичні доїльні пристрої створюють стереотип доїння, який склався при ручному доїнні. Графік режиму доїння наведений на рис. 6.16.

Після попередньої обробки вимені корови вмикають доїльний автомат. У фазі А він здійснює стимулювання, тобто «обережне» доїння з інтенсивним масажем діюк вимені. Одночасно в піддійкових камерах доїльних апаратів створюється розрідження. При цьому частота пульсацій досягає 48 за хвилину, розрідження 35 кПа, а співвідношення тактів ссання і стискання повинне бути 1 : 2.



6.16. Графік режимів машинного доїння:

А — стимулювання; Б — доїння;
В — додоювання; Г — заключний масаж

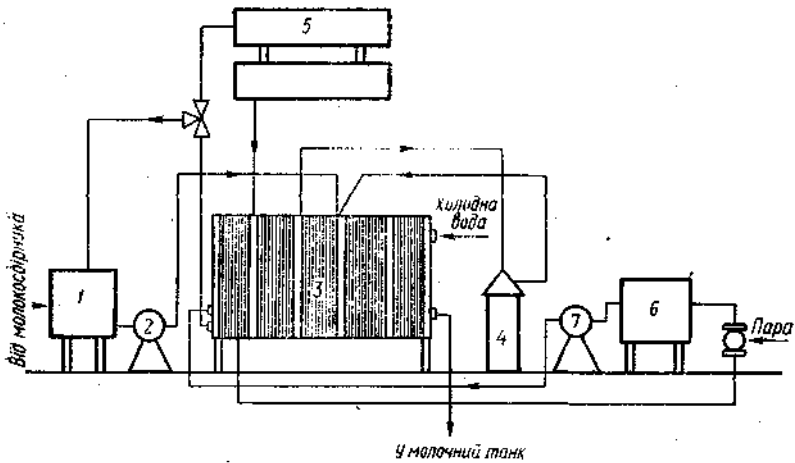
Масаж дійок (фаза А) триває 40—60 с, а потім починається інтенсивний припуск молока, при зростанні молоковіддачі до 0,2 кг за хвилину автомат перемикається на роботу в фазі Б — доїння. Розрідження підвищується до 51 кПа, а частота — до 60 пульсацій на хвилину при співвідношенні тактів 2,5 : 1, що близько до режиму безперервного відсмоктування молока.

У кінці доїння потік молока поступово зменшується. Коли інтенсивність молоковіддачі знижується до 0,2 кг за хвилину, то через 20 с настає фаза В, завершуюче «обережне» додоювання при частоті 48 пульсацій за хвилину і співвідношенні тактів 1 : 2. Далі настає фаза Г — заключний масаж.

Установки для первинної обробки молока призначені для зберігання товарної якості молока шляхом безпосередньої обробки на фермах і комплексах. Первинна обробка полягає в очищенні, пастеризації та охолодженні за допомогою очисника-охолодника ОМ-1А, пастеризаторів ОПФ-1, ПТУ-5М, ПТУ-10М, ТПО-2,5; пастеризаторів-охолодників ТОМ-2,0А, РПО, РНО, МКА та ін.

У пастеризаційно-охолоджуваній установці ОПФ-1 (рис. 6.17) молоко з молокозбірника надходить до урівнювального бака 1, звідки насосом 2 подається до теплообмінної секції пластинчастого апарата 3, де нагрівається до температури 37—40 °С. Після цього воно очищається в молокоочиснику 4 і надходить до секції пастеризації, де підігрівається гарячею водою до температури 76 або 90 °С. Далі молоко через витримувач 5 надходить до секції регенерації, де його температура знижується до 5—8 °С. Охолоджене молоко надходить у танки. Гарячу воду готують в бройлері 6 за допомогою пари, що надходить з котельні. Система автоматизації забезпечує керування та контроль виконання всіх операцій.

На рис. 6.18 зображена принципова електрична схема управління ОПФ-1. Пастеризатор вмикають автоматичним вимикачем в силовому колі, а також кнопками «Пуск» SB2 та SB4, які подають живлення на котушки магнітних пускачів КМ1 і КМ2 електродвигунів насосів води і молока.

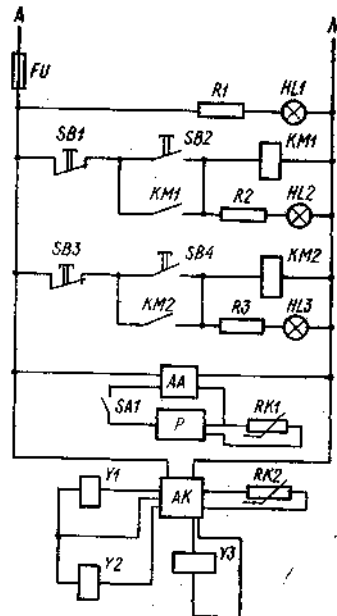


6.17. Технологічна схема пастеризатора ОПФ-1:

1 — урівнювальний бак; 2 — молочний насос; 3 — пластинчастий апарат; 4 — молокоохисник; 5 — витримувач; 6 — бойлер; 7 — водяний насос

Контроль температури здійснюється логометром Р з блоком живлення АА і датчиком температури РК1. Перепускними клапанами з соленоїдами У1 і У2 керує безконтактний керуючий пристрій АК. Якщо температура пастеризації нижче норми, пристрій АК подає живлення на соленоїди У1 і У2, вони спрацьовують і відкривають вихід води з гідрокамери та подачу пари в інжектор пастеризатора. Після того, як температура досягає норми подається живлення на соленоїд У3, який забезпечує подачу води і припиняє подачу пари. Якщо температура пастеризації в межах норми, соленоїд У1 вимикається, внаслідок чого шлях молока на повторну пастеризацію перекривається.

При температурі 72—76 °С тривалість пастеризації (експо-



6.18. Принципова електрична схема станції керування ОПФ-1

зиція) становить 15—20 с, а при 85—87 °С пастеризація відбувається практично миттєво. Після пастеризації молоко охолоджується до температури 5—10 °С. Такий режим первинної обробки молока створює умови для тривалого збереження.

Контрольні запитання

1. Принципи побудови систем управління агрегатами для приготування кормів. 2. Які види систем управління застосовуються в кормороздавачах? 3. Що означає термін «мікроклімат тваринницьких приміщень»? 4. Назвіть основні норми температури та вологості для великої рогатої худоби та свиней. 5. Які основні схеми повітрообігу в тваринницьких приміщеннях вам відомі? 6. У чому полягають переваги та недоліки існуючих систем управління припливною вентиляцією? 7. Наведіть схему автоматизації вентиляційної системи «Клімат-4». 8. Які типи транспортерів використовуються для збирання гною в тваринницьких приміщеннях? 9. В чому полягає особливість управління технологічною лінією видалення гною? 10. Які регулятори використані для автоматизації процесів видалення гною? 11. Які автоматизовані доїльні установки ви знаєте? 12. Які функції виконують системи автоматизації на доїльних установках? 13. Які функції виконує доїльний маніпулятор МД-Ф-1? 14. Які режими доїння мають утворювати автоматичні системи? 15. Які установки використовують для первинної обробки молока на фермах і комплексах? 16. Які функції має виконувати система автоматизації пастеризаційно-охолоджувальної установки?

7. АВТОМАТИЗАЦІЯ КОРМОВИРОБНИЦТВА

7.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Раціональна годівля тварин та птиці — найважливіша умова збільшення виробництва молока, м'яса та яєць. Збалансовані раціони зменшують витрати кормів, позитивно впливають на племенні властивості тварин, здоров'я та довголіття, підвищують якість та знижують собівартість продукції. Використання кормосумішей дозволяє при гарантованій продуктивності зменшити до 50 % витрати зерна і замінити їх грубими кормами й відходами виробництва.

Досвід використання кормоцехів для підготовки повноцінних кормів свідчать про підвищення продуктивності тварин на 20—25 % і зменшення витрат кормів на продукцію тваринництва на 10—15 %. Основними технологічними процесами при приготуванні слід вважати:

подрібнення зерна, зелених, грубих кормів та коренеплодів;

виготовлення трав'яного борошна;

дозування та змішування кормів;

ущільнення кормів на гранули та брикети.

При підготовці кормів для згодовування кормові компоненти подрібнюють. Для подрібнення зернових використовують молоткові дробарки КДМ-2, КДМ-3, ДДМ, АИ-ДДР та ін. Грубі корми подрібнюють на подрібнювачу ИГК-30Б, РСС-6, «Волгарь-6» та КДУ-2, а коренеплоди — на подрібнюючих апаратах ИКС-5, КПИ-4 і «Волгарь-5» та ін.

Для виготовлення трав'яного борошна використовують в основному його високотемпературне сушіння на обладнанні типу АВМ та СБ, які базуються на барабанних сушарках прохідного типу.

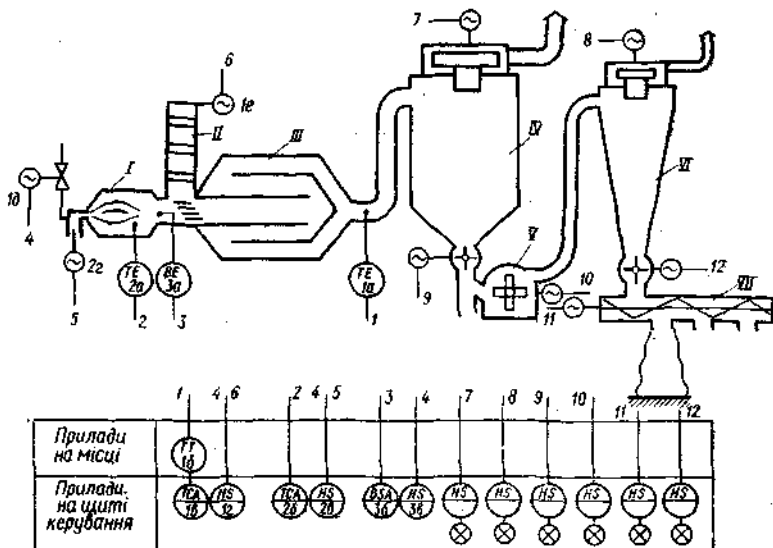
Процеси дозування та змішування компонентів виявляють досить значний вплив на якість кормів. Дозування здійснюється різними підживлювачами (типу НК-6) та підживлювачами-нагромаджувачами (КТУ-10, СТ-40). Для змішування застосовують порційні змішувачі (ВК-1, С-2, АПС-6 та інші) або шнекові (ШВС-40).

Для подальшого транспортування та зберігання корми гранулюють або брикетують за допомогою прес-грануляторів ОГМ-0,8А, ОГК-3, ДГ-1, ОПК-25, брикетних пресів ПБС-3,5, ПБС-4 і «Рефама» (Польща).

Таким чином, всі процеси приготування концентрованих кормів здійснюються на стаціонарних агрегатах. Вони оснащені досконалыми системами управління та пуско-захисною апаратурою.

7.2. АВТОМАТИЗАЦІЯ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ТРАВ'ЯНОГО БОРОШНА

Приготування трав'яного борошна відбувається в основному на пневмобарабанних сушарках безперервної дії. Продукти згоряння рідкого палива або газу в барабані для сушіння III (рис. 7.1) проходять крізь шар попередньо подрібнених частинок (10—30 мм) трави, відбираючи при цьому вологу і разом з висушеними частинками потрапляють в циклон, що відокремлює їх від агенту сушіння IV. З циклону за допомогою шлюзового затвору частинки трави потрапляють до млина V, де відбувається більш глибоке подрібнення висушеного матеріалу на борошно. Борошно за допомогою вентилятора потрапляє до охолоджувального циклону VI, з якого вивантажувальним шлюзовим затвором виноситься до вивантажувального шнека VII, де розфасовується в мішки. Час сушіння листків рослин становить приблизно 0,5—2 хв, а стебел — 5—20 хв. Враховуючи, що частинки листків легкі і швидко виносяться з барабану для сушіння, кінцева вологість усіх частинок достатньо рівномірна.



7.1. Функціональна схема автоматизації пневмобарабанної сушарки для сушіння вітамінного борошна:

I — тунка; II — подаючий транспортер; III — сушарка; IV — основний циклон; V — подрібнювач; VI — охолоджувальний циклон; VII — вивантажувальний шнек

Вихідними величинами сушарки, як об'єкта управління (рис. 7.2), слід вважати кінцеву вологість вітамінного борошна W_k , температуру агенту сушіння на вході до сушарки $\Theta_{вх}$ та на виході з неї $\Theta_{вих}$, продуктивність сушарки Q . Збурюючими вхідними величинами є початкова вологість трави W_p , її фракційний склад γ , параметри зовнішнього повітря $\Theta_{п}$ та Φ_p . Управляючі дії можна здійснювати зміною подачі: палива у форсунку g та сирого матеріалу до сушарки g_m .

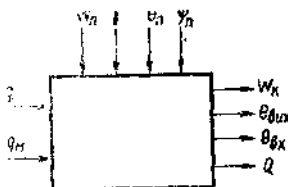
Основним параметром управління є кінцева вологість трав'яного борошна, яка визначає якість технологічного процесу. Найдоцільнішою є система управління, яка забезпечує максимальну продуктивність сушарки при кінцевій вологості матеріалу 10—12%. Але здійснення такого управління в даний час неможливе через відсутність надійних технічних засобів для вимірювання вологості трав'яного борошна в потоці у виваженому стані. Сучасні системи здійснюють управління процесом непрямыми методами. Управління ведеться по температурі агенту сушіння, який виходить із сушарки.

На рис. 7.1 зображена функціональна схема управління

7.2. Схема пневмобарабанної сушарки як об'єкта управління

технологічною лінією по виготовленню вітамінного борошна. Система управління за температурою на виході з сушарки позначена позиціями 1а, 1б, 1в, 1г, 1д, 1е. Система підтримує на виході із сушарки температуру 110—120 °С зміною подачі палива до форсунки клапаном 1 д. При дуже високій початковій вологості >80 % висушуваного матеріалу система зменшує подачу матеріалу до сушарки дією на привод подаючого транспортера 1е. При цьому продуктивність сушарки знижується.

Крім основної системи управління процесом, сушарка оснащена системою управління температури на виході з топки (2а, 2б, 2в, 2г), яка забезпечує повне згоряння палива, системою захисту при згасанні факелу (3а, 3б, 3в), а також системою дистанційного управління всіма електроприводами, за допомогою якої здійснюється запуск, зупинка при завершенні роботи або аварійних ситуаціях.

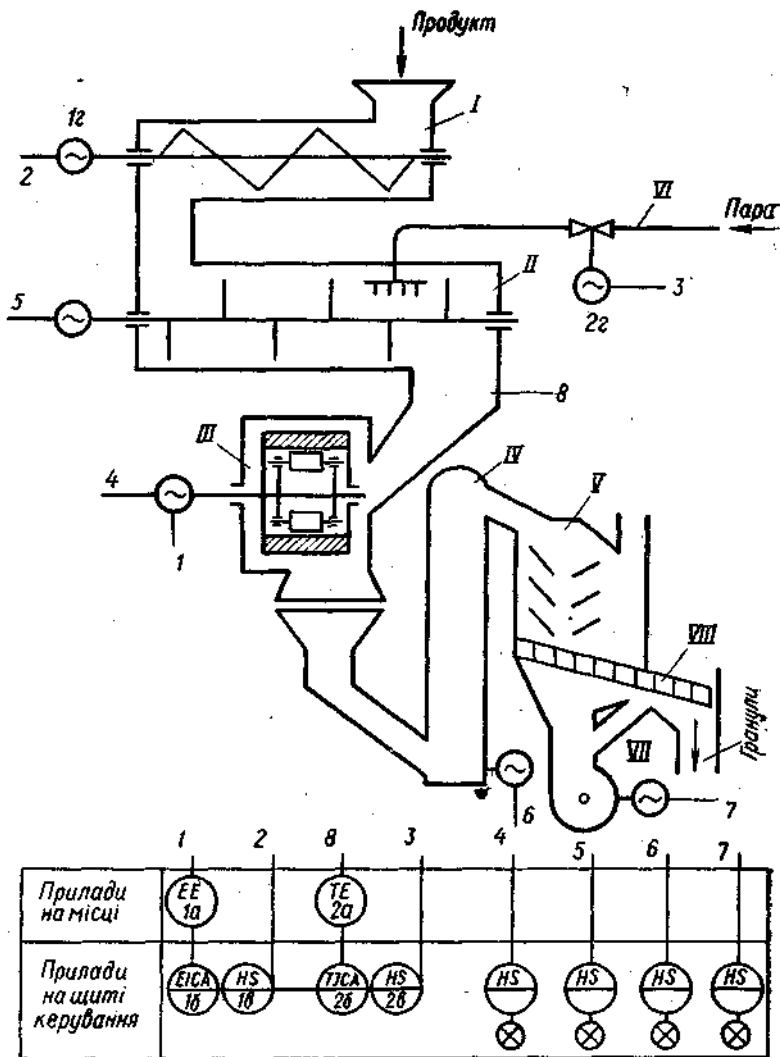


7.3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ГРАНУЛЮВАННЯ І БРИКЕТУВАННЯ КОРМІВ

Гранульовані корми мають ряд переваг порівняно з іншими кормами. Вони дозволяють у 2—3 рази зменшити потребу в сховищах, процес роздачі таких кормів значно легше піддається механізації та автоматизації, перевезення і зберігання насипом не призводять до втрат, а при тривалому зберіганні у них краще зберігаються поживні речовини та вітаміни.

До складу гранулятора входять: шнековий дозатор I (рис. 7.3) з варіаторним приводом, змішувач II, прес-гранулятор із змінною циліндричною матрицею, двома роликами і ножем для зламвання гранул III; норії IV для подачі гранул до охолоджуючої колонки V; вентилятора VII з системою подачі борошна, системи подачі пари до змішувача VI та сортувалки VIII.

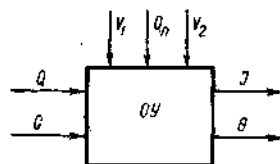
Технологічний процес гранулювання здійснюється так. Підготовлені до гранулювання сухі компоненти надходять до шнекового дозатора, який рівномірно подає їх у змішувач. Тут продукт зволожується завдяки подачі пари й інтенсивно перемішується. Після цього продукт подається до гранулятора, де він затягується між матрицею і роликами,



7.3. Функціональна схема автоматизації процесу гранулювання кормів:
 I — дозатор; II — змішувач; III — гранулятор; IV — норія; V — охолоджувальна колонка;
 VI — трубопровід для подачі пари; VII — вентилятор; VIII — сортувалька

що обертаються, і протискується в радіальні отвори, які і формують гранули. Ножем гранули відокремлюються від матриці і норією подаються в охолоджувальну колонку. В останній через шар гранул продувається зовнішнє повітря, яке охолоджує і підсушує гранули, внаслідок чого вони на-

7.4. Схема гранулятора як об'єкту управління



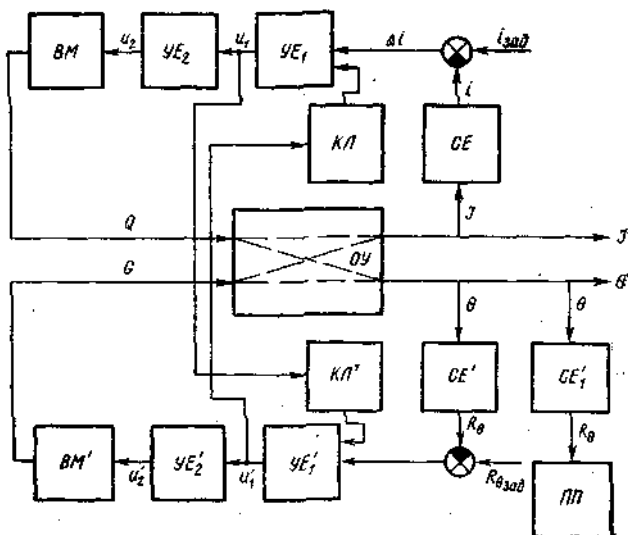
бувають необхідної міцності. З колонки гранули потрапляють на сортувалку, де відокремлюються від дрібняку і незгранульованих компонентів, які подаються на перегранулювання.

Гранулятор як об'єкт управління повинен би мати такі вихідні величини: продуктивність та якість гранул. Але здійснювати управління по таких прямих вихідних величинах неможливо, тому вибирають непрямі виходи, які забезпечують якість гранул і продуктивність процесу. Такими параметрами є завантаження головного приводного електродвигуна гранулятора та температура нагрівання гранульованої маси перед подачею її до гранулятора (рис. 7.4). Завантаження вимірюється струмовим трансформатором, включеним в коло живлення електродвигуна I , а кількість пари, внесеної в суміш контролюється температурою суміші після змішування θ . Збурюючі дії на об'єкт управління залежить від фізико-механічних властивостей гранульованої маси V_1 , а також коливань температури продукту до обробки θ_n і коливань параметрів пари V_2 , що подається до змішувача. Управляючі дії здійснюються мірою витрат маси продукту в змішувач живильником-дозатором Q та зміною витрат пари G .

На функціональній схемі автоматизації (рис. 7.3) система управління по каналу $Q - I$ має позиції 1а, 1б, 1в, 1г, а по каналу $G - \theta - 2а, 2б, 2в$ та 2г.

Система автоматичного управління витратою гранульованої маси (рис. 7.5) складається з СЕ — вимірювального трансформатора струму ДТІ-58, регулятора УЕ — РП1Б-М, до якого входять вимірювальний блок ІМ-62 і електронний блок типу РП1, а також задатчика ЗРУ-24, реверсивного магнітного пускача УЕ₂ типу МКР-0-58, призначеного для управління виконавчим механізмом ВМ шляхом регулювання частоти обертання шнека дозатора-живильника типу МЕМ-0,63-1 — 25.

Система регулювання температури складається з терморезистора СЕ марки ТСП-753, регулятора РП1Б-С (УЕ₁), до якого входять вимірювальний блок температури типу ІС-62 і електронний блок типу РП1, реверсивного магнітного пускача УЕ₂ типу МКР-0-58, виконавчого механізму ВМ типу ПР-1М, з'єднаного з паровим клапаном подачі пари. Сприймаючий елемент СЕ' теж терморезистор, який



7.5. Функціональна структурна схема автоматичної системи управління пресом-гранулятором

подає сигнал про температуру маси на показуючий логометр ПП.

Для взаємної роботи регуляторів у схемі передбачені пристрої КЛ та КЛ' динамічного зв'язку двох контурів управління, що являють собою диференціюючі RC — ланки.

Для приготування брикетів із січки застосовують універсальне обладнання ОПК-2 та ОПК-3. Управління процесами брикетування аналогічне розглянутому управлінню процесами гранулювання.

7.4. АВТОМАТИЗАЦІЯ КОМБІКОРМОВИХ АГРЕГАТІВ

До комбінованих кормів належать суміші подрібнених зернових компонентів з білково-вітамінно-мінеральними добавками (БВМД). Таким чином, це корми збалансовані за поживними речовинами, протеїном, вітамінами і мікроелементами відповідно до фізіологічних вимог тварин і птиці. У складі комбікормів зернова суміш становить 80—85 % (60—65 % злакові, 15—20 % бобові), 15—20 % — БВМД. Загальні вимоги до комбікормів: вологість не вище 14—15 %, металічні домішки < 10—25 мг/кг, пісок 0,5 %.

Комбікорм може бути розсипним і гранульованим. Для підвищення якості гранул і брикетів до кормової суміші

7.1. Техніко-економічні показники обладнання серії ОКЦ

Показники	ОКУ-15К	ОКЦ-30	ОКЦ-50
Продуктивність, т/год	2	4	6
У тому числі гранульованих кормів	0,8	1,5	1,5
Кількість бункерів зерна	2	2	6
Загальна місткість бункерів з зерном, м ³	6,3	9,2	36
Кількість бункерів для подрібнених компонентів	4	6	6
Загальна місткість бункерів, м ³	18,4	36	36
Встановлена потужність електродвигунів, кВт	177	253	296
Маса обладнання, т	8,9	12,2	17,1

вводять різні рідкі добавки: мелясу, гідрол, тваринний технічний і рослинний жири, упарену барду, риб'ячий жир, розчин карбаміду та ін.

Для приготування комбікормів сільському господарству поставляють обладнання для комбікормових заводів і цехів серії ОКЦ (табл. 7.1).

На комбікормових заводах, крім застосування локальних систем управління, здійснюють комплексну автоматизацію технологічних процесів всіх ділянок за допомогою систем дистанційного автоматичного управління (ДАУ).

У виробничий корпус, крім технологічних машин, що входять до системи ДАУ, встановлюють машини і агрегати з самостійними локальними системами автоматичного управління (дробарки, змішувачі, прес-гранулятори, агрегати для введення меляси і жирів тощо). Локальні системи зблоковані з системою ДАУ і знаходяться з нею у взаємозалежності. У комбікормовому цеху продуктивністю до 200 т/добу управління всіма процесами ведуть з одного загального пульта ДАУ.

Удосконалення таких систем централізованого контролю та дистанційного управління має бути спрямоване на створення АСУТП для комбікормової промисловості.

Контрольні запитання

1. Дайте характеристику барабанної сушарки як об'єкта управління. 2. Опишіть автоматичну систему управління процесом приготування вітамінного борошна. 3. Які основні канали регулювання роботою гранулятора? 4. Які датчики використовуються при управлінні процесом гранулювання? 5. Принципи побудови систем централізованого контролю на комбікормових заводах.

8. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

8.1. АВТОМАТИЗАЦІЯ КОТЛОАГРЕГАТІВ

Серед основних джерел теплоти для виробничих потреб і побуту є котельні агрегати різних конструкцій, у тому числі парові — ДКВР-2,5-13; ДКВР-4-13; ДКВР-6,5-13; ДКВР-10-13; ДКВР-20-13; Е-1/9; МЗК; Е-2,5-14Р; Е-4-14Р; Е-6,5-14Р; Е-10-14Р; ПКН-2С; КПА-500; водогрійні — «Братск», «Факел-Г», КЧМ та ін.

Системи автоматичного управління котельними установками виконують такі основні операції:

автоматичне регулювання теплового навантаження (теплової потужності) з метою забезпечення певної температури в приміщенні й потрібної кількості гарячої води і пари;

автоматичне регулювання рівня води в котлі;

дистанційне керування котлом (пуск, регулювання тепло- і паропродуктивності та зупинення);

технологічний та аварійний захист;

технологічне блокування, яке виключає помилкові операції в експлуатації;

технологічну сигналізацію, що сповіщає персонал про хід виконання процесів;

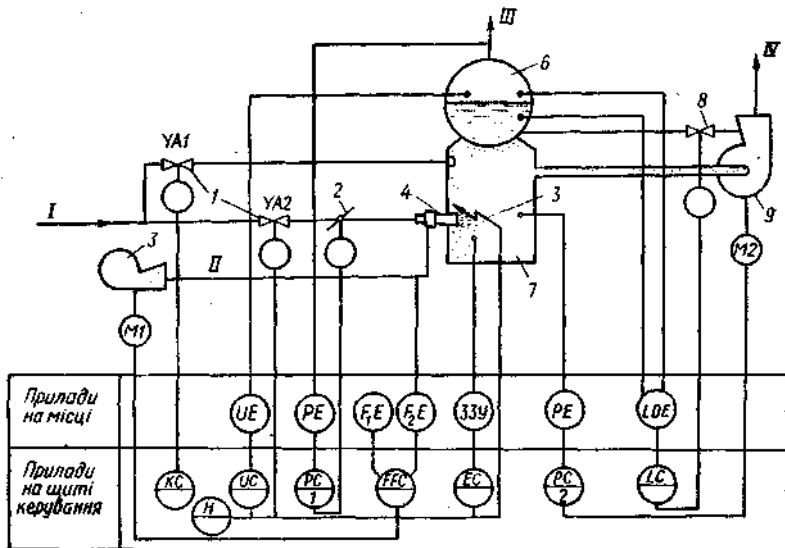
автоматичний контроль технологічних параметрів роботи котлів.

У сільському господарстві набули поширення системи автоматизації котельних агрегатів типу «Кристал» з електротридравлічною автоматикою.

Система забезпечує автоматичне регулювання тиску пари і рівня води в барабані котла 6 (рис. 8.1), керування розрідженням у топці 7, витратами палива і повітря, підпаленням факелу за допомогою пальника 4, а також здійснює дистанційне керування електродвигунами димососа 9 і вентилятора 3 на подаванні повітря в форсунку.

Для повнішого згоряння палива в топці необхідно підтримувати певне співвідношення між кількістю палива і повітря, що забезпечує регулятор *FFC*. Виведення димових газів з топки здійснює димосос 9, який за допомогою регулятора *PC-2* створює задане розрідження газів у верхній частині топки. При надмірному розрідженні збільшується винос теплоти через димосос, а при недостатньому — димові гази надходять до приміщення котельної.

Контроль за рівнем води в котлі здійснюється дифманометром *LDE*, сигнали від якого надходять у регулятор *LC*, який діє на регулюючий клапан 8.



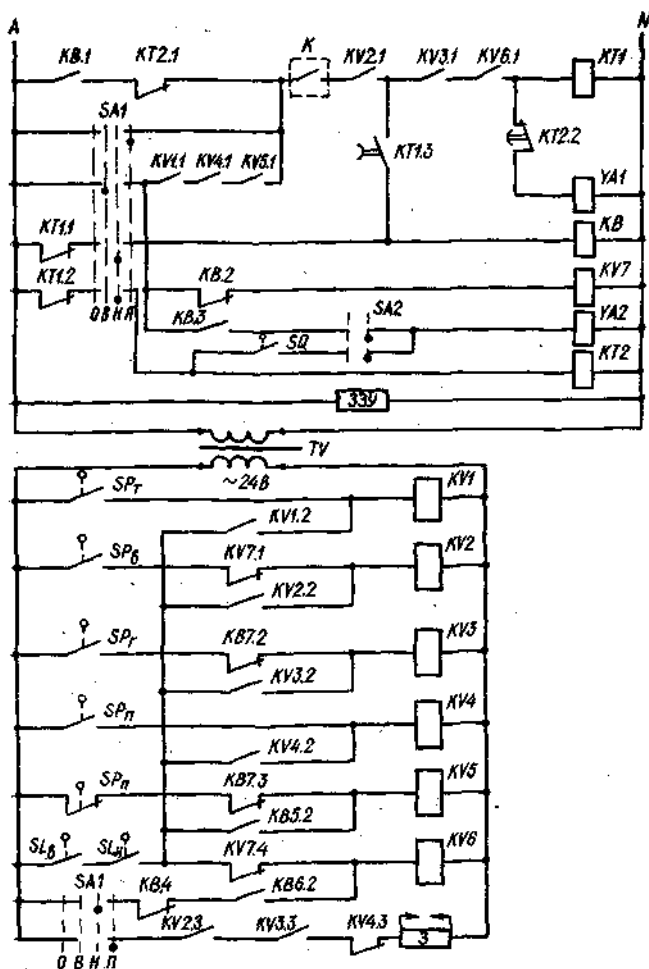
8.1. Функціональна схема автоматизації котла системи «Кристал»:
 I — паливо; II — повітря; III — пара; IV — продукти згоряння; V — живильна вода

В аварійних режимах котел зупиняють, припиняючи подачу палива в форсунку за допомогою електромагнітного клапана YA2. Це відбувається у таких випадках: якщо упаде чи підвищиться тиск у системі подачі палива або повітря, зменшиться розрідження в топці, підвищиться тиск пари, знизиться або підніметься надмірно рівень води в барабані, погасне факел у топці. Для цього котел обладнують відповідними датчиками безпеки: тиску газу- або рідиноподібного палива SP_T , повітря SP_B , розрідження газів в топці SP_T , тиску пари SP_P , верхнього SL_B і нижнього SL_P рівнів води в барабані котла, наявності полум'я ЗЗУ (рис. 8.2).

При подачі на схему напруги спрацьовує лише реле KV5 через замкнутий контакт датчика SP_P . Решта реле сигналізації вимкнуті.

Переводом перемикача SA1 в нормальне передпускове положення «Н» вмикають реле блокування KB і реле витримки часу KT2, які виключають помилкове спрацювання реле захисту KV1...KV6 внаслідок спрацювання датчиків при коливанні контрольованих параметрів під час підготовки котла до пуску.

Після цього оператор за допомогою кнопок вмикає живильний насос, який подає воду в барабан, а також димо-



8.2. Принципова електрична схема управління системою «Кристал» та її захистом

сос, дуттьовий вентилятор. У міру встановлення параметрів заданих значень, що характеризують котел, спрацьовують датчики SL_B , SL_B , SP_T , SP_B і вмикають відповідно реле KV_6 , KV_3 і KV_2 . Для запалювання факелу від іскри запальника 3 перемикач SA_1 переводять у положення П — «Пуск»; при якому спрацьовують реле витримки часу KT_1 по колу K (із схеми керування димососом), $KV_{2,1}$, $KV_{3,1}$ і $KV_{6,1}$. В той же час вмикається електромагнітний клапан YA_1 подачі палива до запальника і запальник 3. При цьо-

му вимикаються реле КВ і КТ2, але реле КВ знову вмикається замикаючими контактами КТ1.3.

Після цього перемикач SA1 переводять у положення В — «Ввімкнуто» і вручну повністю відкривають електромагніт YA2 відсічного клапану (див. рис. 8.1). Одночасно спрацьовує реле КТ2 електромагніта YA1 і він закривається. На цьому пуск закінчується.

Для нормальної зупинки котла перемикач SA1 переводять в положення 0 — «Вимкнуто». Аварійна зупинка відбувається при спрацюванні відповідних захисних реле. Наприклад, при зниженні тиску повітря за дуттьовим вентилятором розмикаються контакти SP_B — датчика тиску повітря і реле KV2 вимикається. Потім вимикаються інші елементи схеми в певній послідовності.

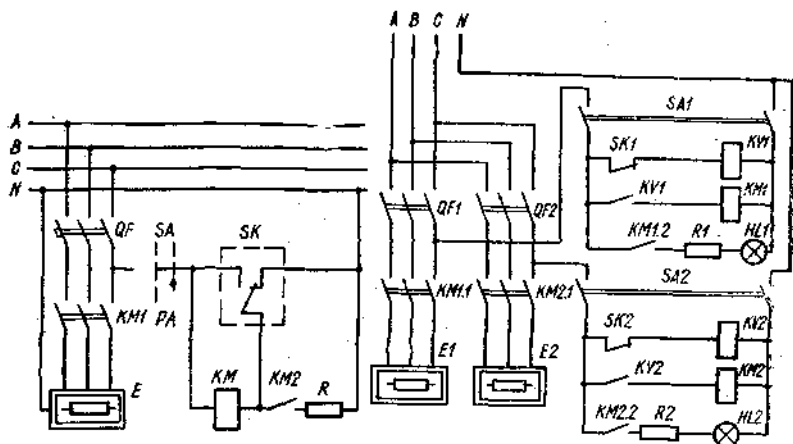
8.2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОДОНАГРІВНИКІВ

У сільськогосподарському виробництві використовують ~~електричні водонагрівники-термоси типу ВЭТ і ВАП~~ місткістю 200, 400, 800 і 1600 л. Вони призначені для нагрівання води для технологічних та санітарно-гігієнічних потреб, приготування кормів, потреби гаражів, майстерень, установ комунально-побутового обслуговування. Всі ці водонагрівники автоматизовані.

Водонагрівник ВЭТ-400 під'єднується до електромережі 380/200 В. В станції керування встановлені автоматичний вимикач, магнітний пускач, аварійний вимикач і додатковий опір (рис. 8.3).

Схема працює так. Якщо вода в резервуарі холодна і контакти терморегулятора TP замкнені, то досить ввімкнути автомат QF і вимикач SA, як спрацьовує магнітний пускач KM і подає напругу на нагрівні елементи ТЭН. Одночасно замикаються контакти KM-2. Коли вода нагрівається до розрахункової температури (80—90 °С), контакт термореле розімкнеться, але котушка магнітного пускача залишиться під напругою через замикаючий контакт KM2 і додатковий опір R. Нагрівання води триває доти, поки не замкнеться замикаючий контакт SK. Тоді котушка магнітного пускача KM буде замкнута і знеструмлена, пускач розімкне свої контакти і нагрівання води припиниться. Нагрівання води до 80 °С триває приблизно 4 год.

Аналогічно побудовані і працюють схеми керування електроводонагрівниками-термосами ВЭТ-800 і ВЭТ-1600. На відміну від попередньої схеми ці водонагрівники ма-



8.3. Принципова електрична схема автоматизації водонагрівника ВЭТ-400

8.4. Принципова електрична схема електроводонагрівника типу УАП-800

ють по три комплекти нагрівних елементів і можуть працювати у трьох режимах: форсований (ввімкнені дві групи електронагрівників), акумуляційний (ввімкнена нижня група нагрівників) і швидкісний (ввімкнена верхня група нагрівників). Електронагрівники типу УАП за призначенням і принципом дії аналогічні водонагрівникам типу ВЭТ. УАП 400/0,9-М1 має один нагрівальний блок, а в УАП 800/0,9-М1 і УАП 1600/0,9-И1 встановлені по два блоки нагрівників.

У шафі станції керування (рис. 8.4) встановлені автоматичні вимикачі $QF1$ і $QF2$, магнітні пускачі, пакетні вимикачі $SA1$ і $SA2$ для вимикання кіл керування, сигнальні лампи $HL1$ і $HL2$. Як датчик температури використовують термореле $TP-200$. При подачі напруги на схему за допомогою автоматів $QF1$ і $QF2$ і при ввімкнутих пакетних вимикачах $SA1$ і $SA2$ вмикаються спочатку проміжні реле $KV1$ і $KV2$, а за ними магнітні пускачі $KM1$ і $KM2$, що подають напругу на нагрівні елементи $E1$ і $E2$.

Передбачена робота нагрівників по трьох режимах: форсований (ввімкнені обидві групи нагрівників); акумуляційний (ввімкнена лише нижня група нагрівників потужністю 12 кВт «Зона 1») і швидкісний (ввімкнена лише верхня група нагрівників потужністю 6 кВт «Зона 2»). Керування першою групою нагрівників здійснюється за допомогою термореле $SK1$, а другою — $SK2$ типу $TP-200$.

Схема автоматизації УАП-400 аналогічна розглянутій.

8.5. Принципова електрична схема електроводонагрівника типу ЭПВ-2А

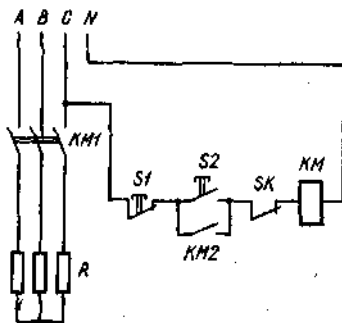
Тільки в неї один блок нагрівників і відповідно один комплект елементів керування.

Поряд з резервуарними в сільському господарстві застосовують проточні електроводонагрівники. Поширеним є водонагрівник ЭПВ-2А з трубчастими елементами продуктивністю до 100 л/год при нагріванні води до 90 °С.

Електрична схема керування установкою наведена на рис. 8.5. Вмикається схема вручну натисканням на кнопку «Пуск». Вимикається водонагрівник автоматично при нагріванні води до заданої температури, при якій розмикаються контакти термореле SK. Водонагрівник може бути відімкнутим від електромережі і вручну. Для цього треба натиснути на кнопку «Стоп» — S1.

У сільському господарстві поширені не тільки елементи, а і електродні електроводонагрівники. За принципом дії вони належать до установок прямого нагріву, тобто нагрівання води здійснюється за рахунок виділення теплоти безпосередньо у водному середовищі при проходженні через нього електричного струму між електродами. Найпоширенішими є електроводонагрівники типу ЭПЗ і КЭВ різної потужності, призначені для нагрівання води до температури 95 °С. Вони випускаються продуктивністю від 0,86 до 8,6 м³/год і потужністю від 25 до 250 кВт.

Оскільки водонагрівники типу ЭПЗ призначені для підгрівання води в системі з циркуляцією по замкненому контуру, то до комплекту обладнання входить електронасос M (рис. 8.6). ЭПЗ під'єднуються до електромережі як вручну, так і автоматично. Режим роботи встановлюється за допомогою пакетного перемикача SA2 (положення P — ручне керування, O — нейтральне, A — автоматичне). Контроль температури води здійснюється за допомогою манометричного електроконтактного термометра SK1 типу ТПК-СК, який має два контакти: мінімальної SK1.2 і максимальної SK1.1 температури. При температурі води менше допустимої контакти SK1.2 замкнуті, а контакти SK1.1 — розімкнуті. При підвищенні температури води в баці електроводонагрівника контакти SK1.2 розмикаються. Якщо температура підніметься до максимально допустимого значення, замикаються контакти SK1.1.



тушку реле *KV5*, розмикаючі контакти якого *KV5.1* знаходяться в колі живлення котушки реле *KV3*. Таким чином, незалежно від положення контактів термореле *SK1* нагрівні електроди вмикаються з електромережі.

Аварійне вимикання електродів також відбувається при появі суттєвої несиметрії в електромережі. При цьому спрацьовує реле *KV1*, котушка якого ввімкнена між нульовим проводом і корпусом водонагрівника. Контакти цього реле *KV1.1* в колі котушки *KV5* замикаються, вмикають реле *KV5*, розмикаючі контакти якого *KV5.1* знеструмлюють котушку реле *KV3* і внаслідок цього електроди вмикаються з мережі. —

Електродні електроводонагрівники (котли) типу КЭВ призначені для опалення приміщень і мають замкнутий контур, по якому нагріта вода циркулює за допомогою циркуляційного насоса. Схемою керування передбачені вмикання — вимикання електродкотла в ручному або автоматичному режимах. Автоматичне керування здійснюється за допомогою електроконтактного термометра ТПГ-СК, розрахованого на вимикання електродкотла в електромережу при мінімально допустимій і вимикання при максимально допустимій температурі. Як і в попередній схемі, в схемі КЭВ передбачене аварійне вимикання електродкотла при надто високій температурі води.

Передбачене також блокування від роботи електродкотла при несиметрії напруги в трифазній мережі і при невиключенні циркуляційного насоса.

Електродні котли-пароутворювачі КЭПР-160 і КЭПР-250 застосовують для отримання насиченої пари, що використовується в технологічних процесах на тваринницьких фермах і комплексах. Вони споживають потужність відповідно 160 і 250 кВт і мають паропродуктивність 210 і 320 кг/год. Керування котлами здійснюється в ручному і автоматичному режимах, які встановлюють за допомогою перемикачів SA1 і SA2 (рис. 8.7).

Вмиканням рубильника SA і однополюсних автоматичних вимикачів QF4 і QF5 подається напруга на кола керування і сигналізації електродного електродкотла. В автоматичному режимі проміжне реле *KV3* спрацьовує і через свої контакти *KV3.1* подає живлення на котушку контактора *KM5*, контакти якого *KM5.1* вмикають електродкотел в електромережу.

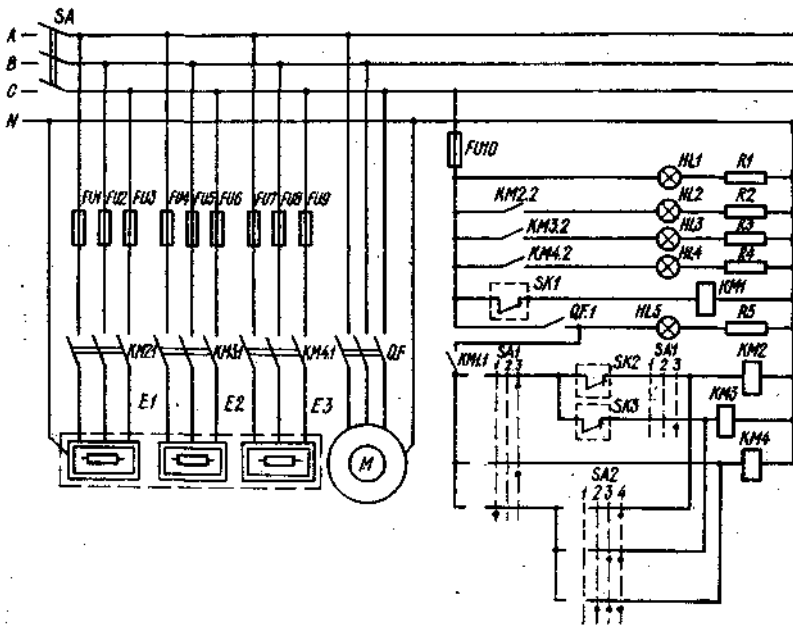
Електроди котла залишаються приєднаними до мережі доки в котлі тиск не підніметься до максимального значення і контакти *SK1.2* електроконтактного манометра замкнуться. Тоді котушка проміжного реле *KV2* опиниться під

максимально допустимого значення ці контакти розмикаються і електрокотел вимикається з мережі. Контакти KV4.3 подають живлення на виносну сигналізацію.

8.3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОКАЛОРИФЕРНИХ УСТАНОВОК

Електрокалорифери використовують для нагрівання повітря в сільськогосподарських виробничих приміщеннях (тепліці, пташники, приміщення для молодняка тварин та ін.). В сільському господарстві поширені електрокалорифери типу СФОА з нагрівними елементами потужністю від 22,5 до 90 кВт і продуктивністю від 1400 до 6000 м³/год нагрітого до 50 °С повітря.

Температуру повітря в приміщенні контролюють біметалевим термодатчиком типу ДТКБ-53Т. В ньому можна змінювати уставку від 0 до +30 °С. Для роботи електрокалорифера в автоматичному режимі перемикач SA1 встановлюють в положення 3, а SA2 — в положення 1 (рис. 8.8). При вмиканні рубильника SA напруга подається на кола керування і сигналізації. Засвічується сигнальна лампа



8.8. Принципова електрична схема управління роботою електрокалорифера типу СФОА

HL1. Магнітний пускач *KM1* вмикається і своїми замикаючими контактами *KM1.1* готує кола котушок магнітних пускачів *KM2*, *KM3* і *KM4* до роботи. Після включення автоматичного вимикача *QF* починає працювати електродвигун вентилятора, а через замикаючі контакти *QF.1* напруга подається на кола котушок *KM2*, *KM3* і *KM4*. Магнітний пускач *KM4* спрацьовує і вмикає під напругу секцію електронагрівників *E3*. Якщо температура повітря в приміщенні, що обігрівається, нижча заданого значення, то контакти термореле *SK2* та *SK3* будуть замкнені і це забезпечить спрацювання магнітних пускачів *KM2* і *KM3*, які ввімкнуть в електромережу відповідно електронагрівники *E1* і *E2*.

З підвищенням температури повітря в приміщенні до значення уставки термореле *SK2*, його контакти розмикаються і магнітний пускач *KM2* вмикає секцію електронагрівників *E1* з мережі. Електрокалориферна установка далі буде працювати на 2/3 номінальної потужності. При подальшому підвищенні температури розмикаються контакти *SK3*, знеструмлюється магнітний пускач *KM3* і вмикається секція електронагрівників *E2*. Тепер електрокалориферна установка буде ввімкнута в електромережу лише на 1/3 номінальної потужності.

При пониженні температури повітря в приміщенні нижче заданої величини автоматично вмикаються секції електронагрівників у зворотній послідовності. Секція нагрівників *E3* може бути вимкнута лише вручну при вимиканні рубильника *SA* і автоматичного вимикача *QF*.

Захист електрокалорифера від підвищення температури нагрівних елементів понад 190 °С здійснюється дилатометричним датчиком температури типу TP-200 (контакти *SK1*). Блок-контакти *QF.1* не дозволяють вмикати електронагрівні елементи при непрацюючому електровентиляторі *M*.

8.4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ

Теплогенератори являють собою пристрої для нагрівання повітря продуктами згоряння рідкого палива без посереднього контакту їх з повітрям, що нагрівається. Теплогенератори призначені для опалення і вентиляції тваринницьких та інших виробничих приміщень.

При теплогенераторному опаленні приміщень можна обійтись без спорудження котельних, прокладання теплотрас, які дорого коштують.

Використовують теплогенератори типів: ТГ-1,0А, ТГ-1,5, ТГ-2,5А, ТГ-3,5, ТГ-150 та ін. Повітря через теплообмінник

теплогенератора продувається за допомогою вентилятора з електроприводом. Теплообмінник складається з камери згоряння і радіатора. Продукти згоряння віддають 82—86 % теплоти повітрю, що проходить через теплогенератор, і через димохід видаляються в атмосферу. Для спалювання рідкого палива призначений спеціальний пальник. Розпилена повітряно-паливна суміш запалюється електроіскрою, що виникає на електродах запалювання від підвищувального трансформатора. Електроди закріплені на ізоляторах. Наявність факелу контролюється двома фоторезисторами, які встановлені в блоці, що вбудований в корпус пальника.

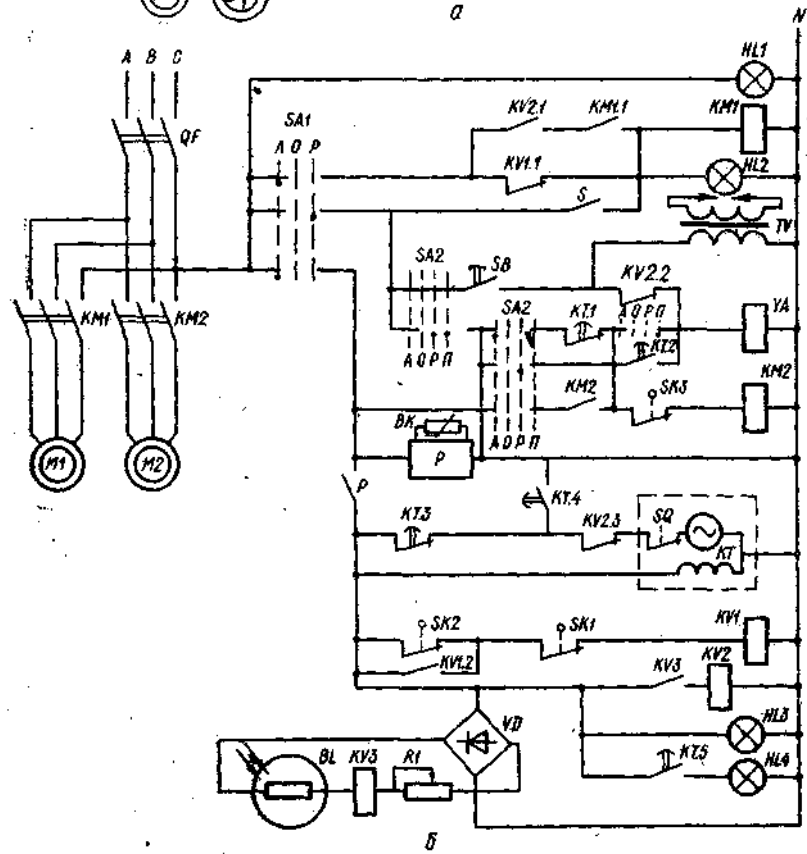
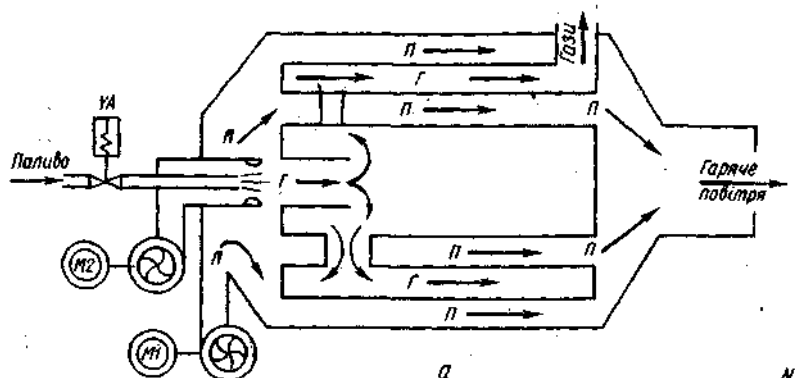
Система автоматичного керування теплогенератором складається з напівпровідникового терморегулятора типу ПТР-2, програмного блока, блока запалювання, блока контролю нагрівання і датчика аварійного перегрівання, блока слідування за наявністю факелу в камері згоряння, блока сигналізації.

Технологічна і принципова електрична схеми зображені на рис. 8.9. У режимі автоматичного керування перемикачі SA1 і SA2 перебувають в положенні А. Якщо температура в приміщенні внаслідок вентиляції стає нижче заданої, контакти напівпровідникового терморегулятора Р замикаються, отримують живлення реле часу КТ і проміжне реле КV1, яке вмикає магнітний пускач КМ1 електровентилятора М1. Вентиляція приміщення припиняється.

Через 5 с після вмикання реле часу замикається його контакт КТ.4 і магнітний пускач КМ2 отримує живлення (по колу контактів КТ.3, КТ.4, SA2, КТ.1 і SK3). Вмикається двигун вентилятора пальника М2 і починається продувка камери згоряння.

Через 20—25 с замикаються контакти КТ.2 реле часу і напруга подається на високовольтний трансформатор запалювання TV, вмикається електромагнітний клапан YA, що відкриває доступ палива до камери згоряння. Від іскри трансформатора TV повітряно-паливна суміш запалюється і освітлює камеру згоряння. Під дією світла опір R фотореле BL зменшується, що викликає спрацювання спочатку проміжного реле КV3, а потім і реле КV2, контакти якого КV2.2 і КV2.3 вмикають трансформатор запалювання TV і реле часу КТ.

Коли камера згоряння прогрівається, розмикаються контакти датчиків температури SK1 і SK2, реле КV1 втрачає живлення і своїми розмикаючими контактами КV1.1 вмикає котушку магнітного пускача КМ1, через силові контакти якого отримує живлення електродвигун вентилятора М1. У приміщення починає надходити повітря, нагріте в тепло-



3.9. Технологічна (а) і принципова електрична (б) схеми роботи теплогенератора типу ТГ:
 Г — газ; П — повітря

генераторі. Коли температура теплогенератора перевищить допустиме значення, контакти датчика SK3 розімкнуться і магнітний пускач KM2 зупинить роботу агрегату.

Якщо пуск теплогенератора триває більше ніж 25 с і стає безуспішним, то розмикаючий контакт KT.4 вимикає електромагнітний клапан YA і подача пального припиняється. Потім замикаючим контактом KT.5 вимикається сигнальна лампа HL4, а розмикаючим контактом KT.3 припиняється живлення котушки магнітного пускача KM2 і вентилятор M2 топки зупиняється. В разі короткочасного зриву факела при нормальній роботі теплогенератора реле KV3 фотореле своїми контактами KV3 знеструмлює реле KV2 і через розмикаючі контакти KV2.2 подається напруга на трансформатор запалювання TV. Якщо після цього суміш не запалюється, теплогенератор вимикається контактами KT.1 і KT.3. Повторно його вмикають вручну, повертаючи рукоятку SA1 спочатку в положення 0, а потім назад — в положення А. При цьому програмний пристрій КТ повертається у початкове положення. Якщо температура повітря в приміщенні стає нижче заданої, теплогенератор автоматично запускається.

Для нормальної зупинки теплогенератора перемикач SA1 переводять у положення 0.

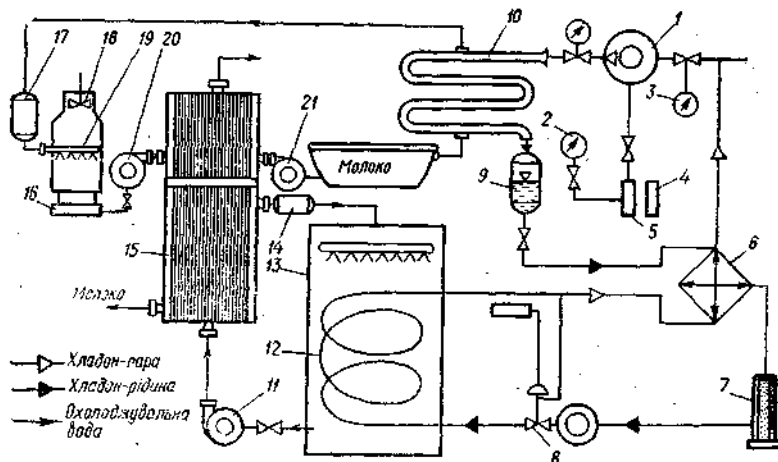
8.5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК

Охолодження сільськогосподарських продуктів і витримання при низьких температурах дають можливість зберегти їх природні якості, зменшити втрати, збільшити термін збереження корисних властивостей. Для створення штучного холоду застосовують різні холодильні машини і установки: МХУ-8С, МХУ-12, АВ-30, ХМФ, ХМАВ, ХМАУ, резервуари-охолодники ТОМ-2А, МКА-2000Л-2А та ін.

Оскільки принципи дії холодильних установок і схеми їх автоматизації аналогічні, розглянемо їх на прикладі роботи водоохолоджувальної установки АВ-30, призначеної для охолодження води в охолодниках молока на молочних фермах і комплексах. Молоко охолоджується до 4—5 °С.

Установка працює за замкненим циклом (рис. 8.10). Пара холодоагенту (Фреон-Р12) надходить з компресора в конденсатор 10, де газоподібний фреон перетворюється на рідину і подається в ресивер 9.3 ресивера рідкий холодоагент надходить у випарник через теплообмінник 6, фільтр-осушник 7 і терморегулюючий вентиль 8.

У випарнику холодоагент випаровується і відбирає теплоту від води, яка зрошує поверхню випарника. Пара холодоагента йде в регенеративний теплообмінник, де нагріва-



8.10. Технологічна схема водоохолоджувальної установки АВ-30:

1 — компресор; 2, 3 — манометри; 4, 5 — реле тиску і контролю машини; 6 — теплообмінник; 7 — фільтр-осушник; 8 — терморегулюючий вентиль; 9 — ресивер; 10 — конденсатор; 11, 20 — водяні насоси; 12 — випарник; 13 — бак-охолодник води; 14, 17 — водяні фільтри; 15 — охолодник молока; 16 — градирня; 18 — вентилятор; 19 — зрошувач; 21 — молочний насос

ється за рахунок теплообміну з рідким фреоном і відсмоктується компресором 1, з якого потрапляє в конденсатор. Отже контур холодоагенту замикається.

Другий замкнутий контур для охолодної води. Охолоджена вода насосом 11 відкачується з бака випарника і подається в охолодник молока 15, з якого через водяний фільтр 14 надходить у зрошувач, встановлений у баці випарника. Молоко для охолодження прокачується насосом 21 через охолодник молока і завдяки теплообміну з охолодною водою охолоджується.

Для роботи холодильної установки АВ-30 в автоматичному режимі перемикачі SA1 і SA2 встановлюють в положення А (рис. 8.11). При вмиканні автоматичного вимикача QF в електромережу відбувається запуск електродвигунів у такій послідовності: M2, M3, M1. Двигун M4 привода вентилятора градирні вмикається температурним реле SK2 при температурі води на виході з градирні понад 23,5 °С. Якщо температура води нижче 7 °С, розмикається контакт реле SK3 і двигун M4 зупиняється.

Температура холодоносія контролюється температурним реле SK1. При зменшенні температури нижче заданого значення контакти реле SK1 розмикаються і електродвигуни компресора та насоса градирні вимикаються.

Реле тиску SP2 сумісно з реле часу KT контролює ре-

Якщо охолодну воду з установки АВ-30 подають на проточні охолодники, то між затискачами 1 і 2 блока затискачів X_1 встановлюють перемичку. При роботі з резервуарами-охолодниками (РПО-1,6 та ін.) перемичку знімають, а до затискачів 1 і 2 вмикають керуючі контакти від шафи керування резервуара-охолодника.

Контрольні запитання

1. Які джерела теплоти в сільському господарстві використовують? 2. Які функції мають виконувати системи автоматизації котельних установок? 3. Які функції виконує система автоматизації типу «Кристал»? 4. В яких випадках котел зупиняють аварійно? 5. Які датчики безпеки є в системі «Кристал»? 6. Які електроводонагрівники ви знаєте за типом нагрівних пристроїв? 7. Які датчики застосовують у системах автоматизації електроводонагрівників? 8. Як захищаються електродні котли-пароутворювачі від аварійних режимів? 9. Які установки застосовують для нагрівання повітря в сільськогосподарських приміщеннях? 10. Як захищаються електронагрівники калориферів від вмикання при непрацюючому вентиляторі? 11. Який пристрій контролює наявність факелу в топці теплогенератора? 12. Які установки використовують для охолодження сільськогосподарських продуктів? 13. Які датчики застосовані в схемі автоматизації водоохолоджувальної установки АВ-30?

9. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ЗРОШЕННЯ

9.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Для сільськогосподарського водопостачання використовують відкриті (поверхневі) джерела — річки, озера, водосховища тощо, а також підземні води. Використовувати відкриті водойми допускається у виняткових випадках.

Підйом води здійснюється лопатевими насосами, основним робочим органом яких є колесо з лопатями. Залежно від форми робочого колеса і характеру руху рідини лопатеві насоси поділяють на відцентрові, діагональні та осьові (пропелерні).

Для споживачів з витратою води понад $65 \text{ м}^3/\text{год}$ насос підключається безпосередньо до мережі (зрошувальної системи). Якщо витрата становить $30\text{—}65 \text{ м}^3/\text{год}$ рекомендуються двоагрегатні насосні станції з водонапірним котлом. Для споживачів з витратою менше $30 \text{ м}^3/\text{год}$ економічно доцільніше використовувати баштові водокачки.

Заглиблені і плаваючі відцентрові насоси широко використовуються для підйому води з поверхневих джерел, шахтних і трубчастих колодязів. Для окремих споживачів і побутових потреб використовують вібраційні насоси (НЕБ 1/20, «Малыш») з подачею до $1 \text{ м}^3/\text{год}$.

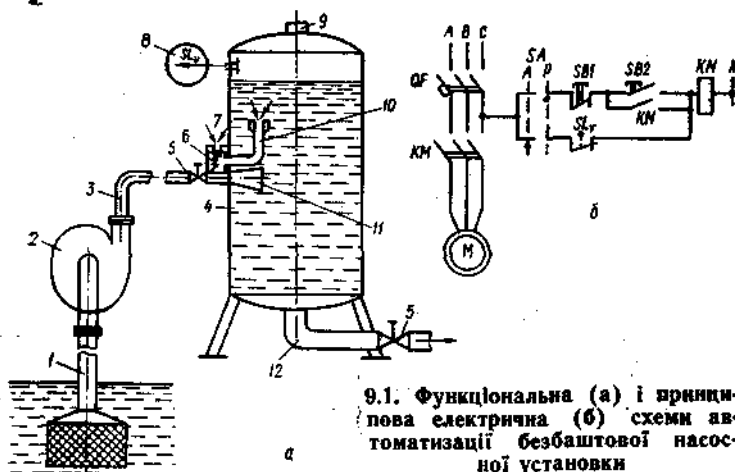
Для споживачів, віддалених від централізованої електромережі (наприклад, пасовища), вібронасоси агрегують з різними автономними електроустановками. Найперспективнішими є водопідйомні установки з відновлюваними джерелами енергії: вітрові («Вітерець» ВНВ-4) або сонячні (СВ-1) установки з термоелектричними генераторами і акумуляторами сонячної енергії. Потужність таких установок не перевищує 1 м³/год при висоті підйому 10—12 м.

9.2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВОДОНАСОСНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ФЕРМ ТА НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

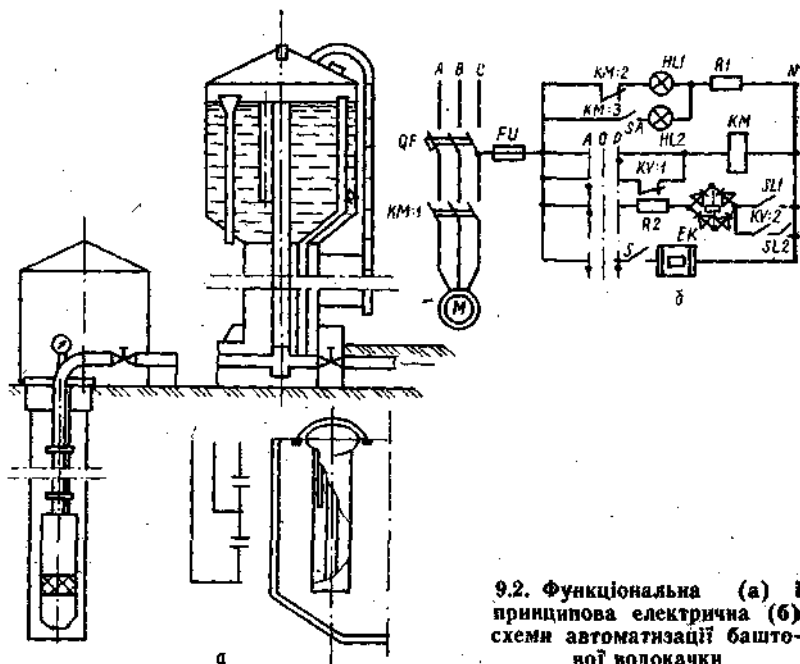
Автоматизація безбаштової насосної установки. Автоматизована насосна установка складається із всмоктуючого патрубку з фільтром 1 (рис. 9.1), насоса 2, нагнітаючого 3 та вихідного трубопроводів із запірними вентилями, повітряно-водяного бака 4 з манометричним датчиком тиску 5 і струминним регулятором об'єму повітря 6. Регулятор об'єму повітря має камеру змішування 7, повітряний клапан 8, жиклер і дифузор. Вода надходить до споживача під дією тиску повітря, що знаходиться в котлі.

В автоматичному режимі передбачене періодичне вмикання насоса. При зниженні рівня води в баці тиск зменшується, датчик тиску SL_V спрацьовує і своїми контактами вмикає електронасос. При підвищенні рівня води тиск в котлі підвищується до заданого і насос вимикається.

Оскільки частина повітря розчиняється і виноситься з водою, об'єм повітря в баку має тенденцію до зменшення,



9.1. Функціональна (а) і принципова електрична (б) схеми автоматизації безбаштової насосної установки



9.2. Функціональна (а) і принципова електрична (б) схеми автоматизації баштової водокачки

Для автоматичного підтримання об'єму повітря використовується струминний регулятор, який забезпечує підкачування повітря в бак до тиску 250 кПа. При перевищенні тиску спрацьовує запобіжний клапан 9.

Безбаштові водокачки мають низький коефіцієнт використання об'єму бака (0,15—0,2), великий перепад тиску і вибухонебезпечні. Внаслідок цього сфера їх використання в сільському господарстві дуже обмежена.

Автоматизація баштових водокачок. Стабільність водопостачання суттєво зростає при використанні резервуарів великого об'єму, піднятих над поверхнею землі. До 90 % насосних установок сільськогосподарського призначення складають баштові водокачки (рис. 9.2).

Використання додаткових резервуарів значно спрощує і суттєво підвищує надійність управління водопостачанням. Основним параметром управління в такій системі є рівень води в резервуарі, який контролюється електродним датчиком рівня *SL*. Датчик складається з електродів нижнього і верхнього рівнів; для запобігання їх обмерзанню в холодну пору року передбачене підігрівання (ЕК).

Електрична схема управління ПЕТ насосними агрегата-

ми баштових водокачок передбачає періодичне вмикання насоса при спрацюванні контактів нижнього рівня і вимикання при спрацюванні контактів верхнього рівня (двопозиційне управління). Можливий ручний режим управління електронасосами (перемикач *SA* встановлюється в положення *P*).

Крім станцій ПЕТ, використовуються також станції управління типу СУНО, призначені для автоматизації насосних агрегатів промислових комплексів з електродвигунами потужністю від 25 до 250 кВт. Станція СУНО забезпечує ручне, автоматичне або телемеханічне управління насосними агрегатами, пуск і зупинку насоса при закритій заслінці, контроль течії та тиску в напірному трубопроводі, температури підшипників та аварійного вимикання агрегатів при виході технологічних параметрів за межі норми.

Автоматизація розвивається у напрямку підвищення надійності водопостачання, що обумовило перехід до безконтактних станцій автоматичного управління.

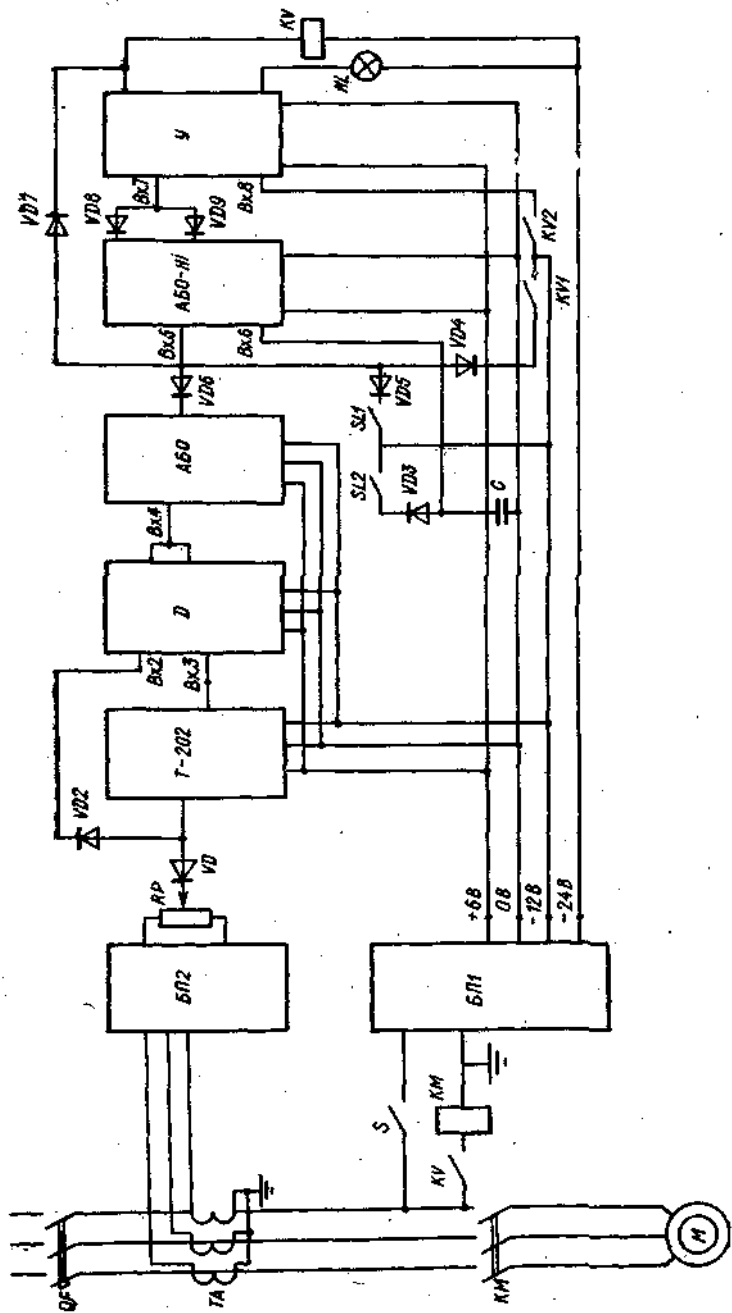
9.3. БЕЗКОНТАКТНІ СТАНЦІЇ УПРАВЛІННЯ НАСОСНИМИ АГРЕГАТАМИ

Безконтактна станція управління типу ШЕТ виконана на базі напівпровідникових елементів серії «Логіка-Т».

Вхідними сигналами є стан контактних датчиків рівня *SL1* і *SL2* (рис. 9.3). При відсутності води вони розімкнуті, потенціал на вході елемента «АБО-НІ» нульовий. У цьому випадку сигнал з виходу інвертора посилюється підсилювачем *У* і викликає спрацювання реле *KV* і *KM*, які приводять у дію насос *M*. При заповненні водою бака насос вимикається тільки при замкненому стані обох датчиків *SL1* і *SL2* (тільки в цьому разі на виході «АБО-НІ» з'являється нульовий потенціал).

При витраті води спочатку розмикаються контакти *SL1*, але це не призводить до вмикання електродвигуна, оскільки через *VD7* на *Bx.5* подається від'ємний потенціал. При розмиканні контактів *SL2* нижнього рівня на *Bx.6* сигнал зникає, що призводить до повторного вмикання електронасоса.

Логічні елементи Т-202, витримки часу *D* і «АБО» виконують функцію захисту електродвигуна від перевантажень і короткого замикання. Датчиком струму є трансформатор струму *TA* і потенціометр *RP*, яким виставляють значення струму спрацювання захисту. При підвищенні струму спрацьовує безконтактне реле Т-202. З витримкою часу сигнал надходить на вхід елемента і викликає ви-



9.3. Принципова електрична схема безконтактної станції управління насосним агрегатом

микання електронасоса *М*. При значному перевищенні номінального струму (короткому замиканні) відкривається стабілітрон *VD2* і сигнал на відключення насоса надходить на *Vх.4* і *Vх.5* без витримки часу. Станція ШЕТ дозволяє також здійснювати дистанційне (телемеханічне) управління насосними агрегатами.

Станція управління «Каскад» призначена для автоматичного та дистанційного управління заглибними електродвигунами до 65 кВт. Порівняно із ШЕТ вона має ширші функціональні можливості — автоматичне управління здійснюється як за рівнем води, так і за тиском води у трубопроводі.

Крім того, передбачений захист електродвигуна від сухого ходу.

Залежно від положення перемикача схема працює від датчиків рівня або датчиків тиску. При автоматичному управлінні за рівнем в блок управління встановлюють перетворювач ЯУУ, який працює з контактним датчиком рівня. Алгоритм роботи схеми такий же, як і в розглянутому вище випадку. При автоматичному управлінні за тиском блок автоматичного управління встановлюють перетворювач ЯУД, що працює з електроконтактним манометром. Перетворювач виконаний на безконтактних елементах «1 — НІ».

При зниженні рівня або статичного напору контакти датчика замикаються, до схеми надходить від'ємний потенціал, починає працювати генератор та лічильник імпульсів. Лічильник відраховує витримку часу на включення насоса (не більше 15 хв). Якщо за цей час тиск не зростає, через реле і магнітний пускач вмикається насос. При роботі насоса тиск підвищується і контакти датчика розмикаються, але насос залишається в роботі протягом часу, який визначається затримкою часу на вимкання (не більше 90 хв). При зменшенні тиску операції повторюються.

Захист електродвигуна від перевантаження виконаний аналогічно станції ШЕТ. При будь-яких аварійних режимах (перевантаженнях, короткому замиканні, обриві фази) підвищується напруга на змінному потенціометрі *R*, що є сигналом вимкання насоса. Ланка зворотного зв'язку запобігає повторному ввімкненню електродвигуна до усунення причин аварійного режиму.

Захист електронасоса від сухого ходу здійснюється за допомогою датчика наявності води в колодязі. При нормальній роботі насоса датчик знаходиться у воді і його контакти замкнуті. При відсутності води контакти датчика розмикаються, що призводить до вимкання насоса. Одно-

часно вмикається сигнальна лампа «сухий хід». При такому режимі повторне вмикання електродвигуна можливе тільки вручну.

9.4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ГІДРОМЕЛІОРАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Автоматизація гідромеліоративних систем має специфічні особливості. По-перше, гідромеліоративні системи характеризуються значною розгалуженістю магістральних і радіальних систем водопостачання, що потребує урахування гідравлічних характеристик водоводів. Оскільки об'єкти управління зв'язані через водне середовище (наприклад, зміна рівня або витрати води в одному каналі призводить до зміни тих самих параметрів у сусідніх каналах), при автоматичному управлінні треба враховувати ці взаємозв'язки.

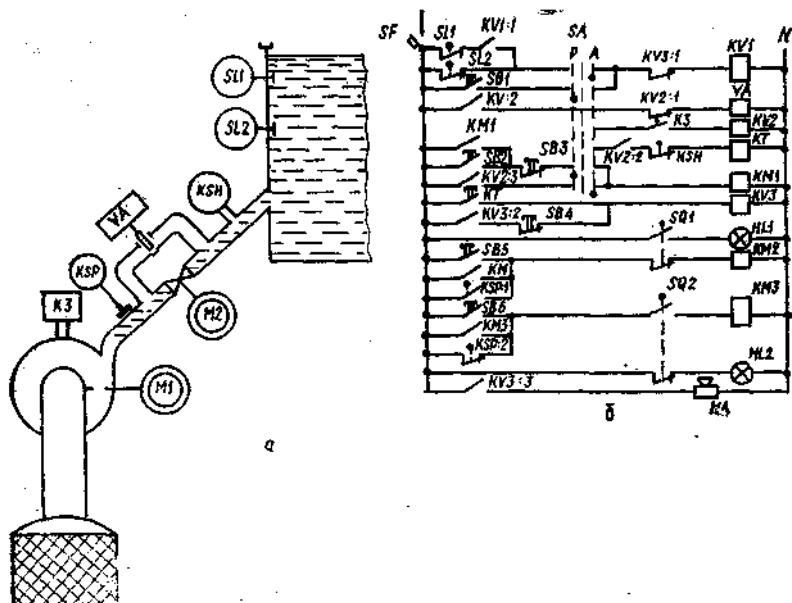
По-друге, всі установки повинні працювати синхронно і узгоджено. Транспортування води по водоводах характеризується великим часом затримки і значною інерційністю, особливо у відкритих каналах. У зв'язку з цим для управління треба знати статичні і динамічні характеристики кожного каналу, тобто залежність між витратою і рівнем води в кожний момент часу як у стаціонарному, так і перехідному режимах.

По-третє, більшість водогосподарських установок працюють на відкритому повітрі і піддаються значному впливу атмосферних факторів, які треба розглядати як збурення. Така ситуація потребує одночасного коригування управляючих впливів з урахуванням збурень.

Наведені особливості обумовлюють вимоги до елементів систем автоматичного управління гідромеліоративних систем: наявність водосховищ великого об'єму, значна потужність насосних агрегатів (тис. кВт).

Схеми автоматизації насосних станцій здійснюють пуск і зупинку електродвигунів, заповнення водою і пуск насосів, управління запірними заслінками, захист напірних водопроводів від гідравлічних ударів, контроль режимів роботи обладнання і технологічних параметрів (витрата, напір, рівень води) тощо.

Для попереднього заповнення головного насоса водою передбачені спеціальні баки-акумулятори і вакуум-насоси. При їх відсутності насоси встановлюють в заглибленнях нижче рівня водосховища, а всмоктуючий патрубок розташовують вище рівня встановлення насоса. Для полегшення пуску електродвигуна на напірних водоводах встановлю-



9.4. Функціональна (а) і принципова електрична (б) схеми автоматизації зрошувальної насосної станції

ють електрифіковані напірні заслінки. Насос запускається при закритій заслінці, що забезпечує мінімальний гідравлічний опір. Після пуску агрегату і встановленні заданого тиску заслінка автоматично відкривається.

На рис. 9.4 зображена схема автоматизації зрошувальної насосної станції з управлінням за рівнем води в водоприйомній споруді. В режимі ручного управління перемикач *SA* встановлюють у положення *P* і керують роботою обладнання за допомогою кнопок *SB1* — *SB6*.

В автоматичному режимі перемикач *SA* встановлюють у положення *A* і схема працює відповідно до часової діаграми. При зменшенні рівня води до мінімально допустимого замикаються контакти *SL2* датчика рівня і вмикається реле *KV1*, яке вмикає електромагнітний клапан *YA*. Клапан *YA* забезпечує попереднє заповнення насоса водою, а повітря в насосі виходить через реле *K3*. Після закінчення заповнення насоса водою реле *K3* спрацьовує і вмикає реле *KV2*, яке, в свою чергу, вмикає пускач *KM1* і реле часу *KT*. Магнітний пускач запускає електродвигун насоса *M1*. При розгоні двигуна в напірному патрубку створюється тиск, від якого спрацьовує реле тиску *KSP*, що вмикає магнітний пускач *KM2* і механізм *M2* на відкриття заслінки на

напірному водоводі. При повному відкритті заслінки двигун *M2* вимикається кінцевим вимикачем *SQ1*. Одночасно контакти кінцевого вимикача *SQ2* вимикають сигнальну лампу *HL2*.

Струменеве реле *KSH*, реагуючи на рух води в трубопроводі, розмикає свої контакти і вмикає реле часу *KT*. Цикл запуску насоса на цьому завершується.

Відключення насоса відбувається від датчика *SL1* верхнього рівня води в водонапірній споруді. Його контакти знеструмлюють реле *KV1*, відключається електромагніт *YA*, реле *KV2* і, нарешті, магнітний пускач *KM1* і двигун *M1* насоса. Тиск води в напірному трубопроводі знижується до статичного тиску води з боку водосховища. При цьому тиску контакти реле тиску *KSP* повертаються в початкове положення і вмикають магнітним пускачем *KM3* двигун *M2*, який закриває заслінку. При повному закритті контакти кінцевиків *SQ1* і *SQ2* повертаються у початкове положення, вимикаючи двигун *M2*. Наступний автоматичний запуск відбувається при зниженні рівня води до замикання контактів *SL2*.

Реле часу *KT* призначене для аварійного відключення насоса. Якщо, наприклад, після запуску вода не надходить до водосховища і контакти струменевого реле *KSH* лишаються замкненими, реле часу вмикає аварійне реле *KV3*, яке вмикає реле *KV1* і аварійну сигналізацію *HA*. Від реле *KV1* вимикаються реле *KV2*, магнітний пускач *KM1* і електронасос *M1* зупиняються.

Така ж послідовність роботи схеми при короточасній перерві водоподачі. Вихід з аварійного режиму можливий тільки вручну після натискання кнопки деблокування *SB4*.

Контрольні запитання

1. Який критерій вибору баштових або безбаштових насосних установок? 2. Який технологічний параметр підлягає контролю і управління в баштових водокачках (у безбаштових установках)? 3. Які ви знаєте схеми управління насосними агрегатами? 4. Перерахуйте функції захисту, реалізовані в серійних комплектах насосної автоматики. 5. Як здійснюється захист двигунів заглибних насосів від «сухого ходу»? 6. Які особливості автоматичного управління зрошувальними системами? 7. Які регулятори використані при автоматизації насосних станцій на зрошенні?

ДОДАТОК

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

(ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК)

Лабораторна робота № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДІННЯМ КОМБАЙНА САВ-1М

Мета роботи. Вивчити будову і принцип роботи САУ водінням комбайна типу САВ-1М.

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою, принципом роботи системи автоматичного управління водінням комбайна типу САВ-1М.
2. Вивчити методикку налагодження системи управління типу САВ-1М.
3. Зібрати принципову електричну схему, настроїти САВ-1М і опробувати її роботу в режимі автоматичного управління.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Перелік обладнання та вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЧАСТОТИ ВИСІВУ НАСІННЯ УСК-12

Мета роботи. Вивчити будову і принцип роботи системи автоматичного контролю частоти висіву насіння типу УСК-12.

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою і принципом роботи системи автоматичного контролю частоти висіву насіння типу УСК-12.
2. Зібрати принципову електричну схему і перевірити роботу системи звукової і світлової сигналізації.
3. Визначити найменшу та найбільшу частоту висіву насіння, при яких спрацьовує звукова та світлова сигналізація.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Перелік обладнання та вимірювальних приладів.

* У розробці змісту лабораторних робіт приймав участь кандидат технічних наук, доцент М. Ф. Безкровний.

Лабораторна робота № 3

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ
ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ МЕХАНІЗМІВ
У ПОЛЬОВИХ МОБІЛЬНИХ АГРЕГАТАХ УСАК-6Б**

Мета роботи. Вивчити будову, принцип дії системи автоматичного контролю частоти обертання механізмів у польових мобільних агрегатах УСАК-6Б.

Програма роботи

1. Вивчити будову, принцип дії системи автоматичного контролю частоти обертання механізмів у польових мобільних агрегатах типу УСАК-6Б.
2. Зібрати принципову електричну схему і перевірити роботу світлової сигналізації.
3. Визначити частоти обертання, при яких спрацьовує світлова сигналізація.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Перелік обладнання і вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 4

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ВИТЯЖНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ НА БАЗІ «КЛІМАТ-4»**

Мета роботи. Вивчити будову і принцип роботи системи автоматичного управління витяжною вентиляцією на базі комплекту «Клімат-4».

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою і принципом роботи САУ витяжного вентилятора на базі комплекту «Клімат-4».
2. Вивчити принцип роботи і режими станції управління ШАП-5701.
3. Вивчити методику налагодження станції управління ШАП-5701.
4. Зібрати принципову електричну схему і налагодити САУ витяжною вентиляцією на заданий викладачем температурний режим.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Перелік обладнання і вимірювальних приладів.
4. Графіки залежностей:
 - а) напруги на електродвигунах від опору датчика;
 - б) частоти обертання від напруги;
 - в) подачі повітря від частоти обертання.

Лабораторна робота № 5

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ
В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ
НА БАЗІ КОМПЛЕКТУ «КЛІМАТ ПВУ-4М»**

Мета роботи. Вивчити будову і принцип роботи системи автоматичного управління припливно-витяжною вентиляцією на базі комплекту «Клімат ПВУ-4М».

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою і принципом роботи САУ припливно-витяжною вентиляцією на базі комплекту «Клімат-ПВУ-4М».
2. Вивчити методику настройки станції управління Ш-9202-4474УХЛЗ.1.
3. Зібрати принципову електричну схему управління і випробувати роботу станції в режимі ручного управління.
4. Налаштувати станцію на заданий викладачем температурний режим і випробувати роботу станції в автоматичному режимі.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Перелік обладнання та вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 6

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ВИТЯЖНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ НА БАЗІ КОМПЛЕКСНОГО
ПРИСТРОЮ «КЛІМАТИКА-1»**

Мета роботи. Вивчити будову і принцип роботи системи автоматичного управління витяжною вентиляцією на базі комплексного пристрою «Кліматика-1».

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою і принципом роботи САУ витяжною вентиляцією на базі пристрою «Кліматика-1».
2. Вивчити методику налагоджування станції «Кліматика-1» у режимах ручного та автоматичного управління.
3. Зібрати принципову електричну схему управління і опробувати роботу станції в режимах ручного та автоматичного управління.
4. В режимі автоматичного управління зняти залежність напруги від значення температури повітря.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Статична характеристика станції управління.
4. Перелік обладнання та вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 7

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ІНКУБАТОРОМ ІУП-Ф.**

Мета роботи. Вивчити будову і принципи дії мікропроцесорної системи автоматичного управління інкубатором ІУП-Ф.

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою, принципом роботи мікропроцесорної системи автоматичного управління інкубатором ІУП-Ф.
2. Вивчити методику налагоджування мікропроцесорного блоку БМН-Ф-15 управління інкубатором.
3. Зібрати принципову електричну схему управління.
4. Налаштувати станцію управління на заданий викладачем температурний режим і випробувати роботу станції в автоматичному режимі.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Перелік обладнання і вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 8

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ІНКУБАТОРОМ «УНІВЕРСАЛ-55»**

Мета роботи. Вивчити будову і принцип роботи системи автоматичного управління інкубатора «Універсал-55».

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою і принципами роботи систем автоматичного регулювання температурою, вологістю, обертанням лотків в інкубаційній шафі інкубатора «Універсал-55».
2. Вивчити методику налагодження станції автоматичного управління інкубатором.
3. Зібрати принципову електричну схему управління.
4. Налаштувати станцію управління «Універсал-55» на заданий викладачем температурний режим і опробувати її роботу в автоматичному режимі.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми систем управління параметрами інкубатора.
3. Перелік обладнання і вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 9

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
АКТИВНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ І ОПАЛЕННЯМ
В ОВОЧЕСХОВИЩАХ**

Мета роботи: Вивчити будову і принцип роботи системи автоматичного управління активною вентиляцією та опаленням в овочесховищах з використанням шафи ШАУ-АВ.

Програма роботи

1. Вивчити будову і принцип роботи системи автоматичного регулювання мікроклімату в овочесховищах.
2. Освоїти методику налагоджування системи автоматичного управління з використанням шафи ШАУ-АВ.
3. Налаштувати систему управління мікрокліматом за допомогою шафи ШАУ-АВ на заданий викладачем режим.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові технологічні та електричні схеми.
3. Перелік обладнання і приладів на робочому місці.

Лабораторна робота № 10

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
РОБОТОЮ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ТГ-1,0А (ТГ-2,5А)**

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою і принципом роботи САУ теплогенератором ТГ-1,0А (ТГ-2,5А).
2. Вивчити методику налагоджування станції автоматичного управління ШОА-5934.
3. Зібрати принципову електричну схему, налагодити станцію управління на заданий викладачем режим.
4. Випробувати роботу станції в режимах ручного та автоматичного управління.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
1. Технологічна та принципові електричні схеми теплогенератора.
3. Перелік обладнання і вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 11

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
РОБОТОЮ ЕЛЕКТРОКАЛОРИФЕРА**

Мета роботи. Вивчити будову і принцип роботи системи автоматичного управління роботою електрокалорифера СФОЦ на базі комплексного пристрою «Електротерм».

Програма роботи

1. Вивчити будову і принцип роботи комплектного пристрою «Електротерм» для автоматичного управління електрокалориферами.
2. Освоїти методику налагоджування пристрою «Електротерм».
3. Налаштувати пристрій на заданий викладачем температурний режим.
4. Випробувати роботу САУ калорифером в автоматичному режимі.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Перелік використаного обладнання і вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 12

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ВОДОКАЧКОЮ ЗА ДОПОМОГОЮ СТАНЦІЇ «КАСКАД»**

Мета роботи. Вивчити будову і принцип роботи станції управління «Каскад».

Програма роботи

1. Ознайомитися з будовою і принципом роботи САУ водокачкою на базі станції «Каскад».
2. Зібрати принципову електричну схему управління та випробувати роботу станції «Каскад» у режимах ручного та автоматичного управління.
3. Освоїти методику налагоджування станції управління «Каскад».
4. Зібрати принципову електричну схему налагоджування системи захисту станції «Каскад» і налаштувати її на заданий викладачем струм.

Зміст звіту

1. Мета і програма роботи.
2. Принципові електричні схеми.
3. Перелік обладнання і вимірювальних приладів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: с англ.— М.: Мир, 1989.— 540 с. 160
165
2. Бородин И. Ф., Недилько Н. М. Автоматизация технологических процессов.— М.: Агропромиздат, 1986.— 368 с. 170
176]
3. Гуляев Г. А. Автоматизация процессов послеуборочной обработки и хранения зерна.— М.: Агропромиздат, 1990.— 240 с. 182
4. Кукта Г. М. Технология переработки и приготовления из него Колос, 1978.— 240 с. 182
183
5. Мальтри В., Петке Э., Шнайдер Б. Сушильные установки сельскохозяйственного назначения.— М.: Машиностроение, 1979.— 529 с.
6. Мартыненко И. И., Лысенко В. Ф. Проектирование систем автоматизации.— М.: Агропромиздат, 1990.— 243 с.
7. Ротач В. Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами.— М.: Энергоатомиздат, 1985.— 296 с.
8. Скрыпник Н. Н., Коваль В. А. Справочник по приборам и средствам автоматизации.— К.: Урожай, 1988.— 128 с.

ЗМІСТ

мова	3
1. Основи побудови систем автоматизації	5
1.1. Вивчення загальних відомостей про автоматизацію технологічних процесів	5
1.2. Настроювання в проектах автоматизації	6
1.3. Випробувальні моделі	28
1.4. Вибір алгоритму управління об'єктами	42
1.5. Типові системи автоматизації технологічних процесів	52
2. Автоматизація технологічних процесів у рільництві	57
2.1. Загальні відомості	57
2.2. Автоматизація зернопунктів	58
2.3. Автоматизація зерносушарок	68
2.4. Автоматизація процесу активного вентилявання зерна	76
2.5. Автоматизація мобільних процесів у рільництві	80
3. Автоматизація технологічних процесів у закритому ґрунті	89
3.1. Загальні відомості	89
3.2. Види споруд закритого ґрунту	91
3.3. Агротехнічні вимоги до автоматизації технологічних процесів у закритому ґрунті	92
3.4. Характеристики споруд закритого ґрунту та їх особливості як об'єктів управління	93
3.5. Автоматизація управління мікрокліматом у теплицях	96
3.6. Автоматичне управління концентрацією розчину мінеральних добрив	103
3.7. Автоматичне управління підживленням вуглекислим газом і досвіченням рослин	105
4. Автоматизація сховищ сільськогосподарської продукції	106
4.1. Загальні відомості	106
4.2. Автоматизація мікроклімату в овочесховищах	107
4.3. Автоматизація фруктосховищ	111
4.4. Автоматизація обліку, контролю і сортування сільськогосподарської продукції в сховищах	115
5. Автоматизація технологічних процесів у птахівництві	116
5.1. Технологічні основи управління процесами виробництва продукції птахівництва	116
5.2. Комплекти обладнання для утримання курей-несучок промислового стада	126

5.3. Способи управління та створення оптимального мікроклімату у птичниках	132
5.4. Автоматизація управління освітленням у птичнику	145
5.5. Автоматизація процесу годівлі курей	149
5.6. Автоматизація збирання яєць	152
5.7. Автоматизація процесу напування птиці	154
5.8. Автоматизовані технологічні лінії забою птиці	159
6. Автоматизація технологічних процесів у тваринництві	160
6.1. Автоматизація годівлі тварин	160
6.2. Автоматизація створення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях	165
6.3. Автоматизація процесів видалення гною на тваринницьких комплексах	170
6.4. Автоматизація доїння та первинної обробки молока	176]
7. Автоматизація кормовиробництва	182
7.1. Загальні відомості	182
7.2. Автоматизація агрегатів для приготування трав'яного борошна	183
7.3. Автоматизація процесів гранулювання і брикетування кормів	185
7.4. Автоматизація комбикормових агрегатів	188
8. Автоматизація процесів теплоенергозабезпечення	190
8.1. Автоматизація котлоагрегатів	190
8.2. Автоматизація електричних водонагрівників	193
8.3. Автоматизація електрокалориферних установок	199
8.4. Автоматизація теплогенераторів	200
8.5. Автоматизація холодильних установок	203
9. Автоматизація водопостачання і зрошення	206
9.1. Загальні відомості	206
9.2. Автоматизація водонасосних установок для ферм та населених пунктів	207
9.3. Безконтактні станції управління насосними агрегатами	209
9.4. Автоматизація гідромеліоративних технологічних процесів	212
Додаток	215
Бібліографічний список	221