

Міністерство освіти і науки України

В.Т. Діордієв

**Автоматизація процесів виробництва
комбікормів в умовах реформованих
господарств АПК**

Навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів

Сімферополь – 2003

ББК
Д
УДК 631.363 - 52

*Друкується за ухвалою вченої ради Таврійської
державної агротехнічної академії.*

Рекомендовано

*Міністерством освіти і науки України як навчальний
посібник для студентів вищих навчальних закладів.
04.12.2003 р.*

Рецензенти

***І.О.Фурман**, доктор технічних наук, професор, академік АН
ВШ, зав. кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій
Харківського державного технічного університету сільського
господарства.*

***О.О. Ренсевич**, доктор сільськогосподарських наук,
заступник директора інституту механізації тваринництва
УААН, зав. лабораторії механізації вівчарства.*

Діордієв В.Т.

*Д Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах
реформованих господарств АПК: Навчальний посібник/ М-во
освіти і науки України. – Сімферополь., 2003. – 138 с.*

ISBN

Викладені питання організації приготування комбікормів в умовах господарств, проаналізовано технологічні лінії на базі малогабаритних комбікормових агрегатів як об'єкти автоматизації, вибрані технічні засоби контролю параметрів автоматики, розглянуті принципи управління на рівні АСУТП.

Для студентів вищих навчальних закладів III – IV рівня акредитації.

ББК

ISBN

© В.Т. Діордієв, 2003

ВСТУП

Світовою практикою доведено, що відбудову економіки країни треба починати із сільського господарства. Тому, не применшуючи значення в економіці України жодної галузі, слід зазначити, що визначальним серед них є саме сільське господарство, яке забезпечує населення продуктами харчування.

Але, як показало життя, з різних причин, насамперед суб'єктивних, незалежна Україна в аграрному секторі за багатьма показниками виробництва не лише не примножила здобуте за радянських часів, а навпаки, втратила минулі надбання, а з ними – місце серед основних країн – виробників. Про це свідчать і норми прибутку, значення яких по галузях за 1996-2001 роки значно різняться. Так, за даними Інституту аграрної економіки України, норма прибутку у сільському господарстві становила мінус 0,5%, у промисловості – 4,1, на транспорті і зв'язку – 7,1, у банківській справі – 12,6%.

Це можна пояснити тим, що стихійний, практично некерований розвиток аграрної сфери призвів до різкого зниження конкурентоспроможності продукції сільського господарства. На внутрішньому ринку має місце неконтрольований імпорт продовольчих товарів. Немало шкоди завдає аграрній економіці наявність бартерних операцій, за яких практично двічі перезакладається поточний урожай. Переробні галузі, використовуючи своє монопольне становище, дистанціювалися від інтересів сільськогосподарських товаровиробників, безпосередньо, або за допомогою своїх комерційних структур скуповують аграрну продукцію за низькими цінами, які не відшкодовують витрат на її виробництво.

Відсутність державної підтримки вітчизняних сільськогосподарських товаровиробників об'єктивно поставили підприємства в розряд збиткових. А відтак ресурси не знаходять до сільськогосподарських підприємств, а банківський капітал, в основному, обертається з імпортно-експортній торгівлі, обслуговує лише сферу обігу. За даними досліджень Інституту аграрної економіки України, із майже 890 млн. дол. США прямих іноземних інвестицій, які надійшли в агропромисловий комплекс за останні десять років, сільське господарство одержало лише 88 млн., або 10%. Ускладнює ситуацію й неорганізованість внутрішнього ринку, який не забезпечує належних умов для відтворення галузі.

Розрахунки спеціалістів Інституту аграрної економіки України показали, що у порівнянні із середнім рівнем по народному господарству, сільське господарство щорічно недоотримує понад 8 млрд. грн. прибутків. З цієї причини в сільському господарстві залишається лише 20% створених за участю галузі прибутків. Тому очевидною є необхідність балансування ціни пропозиції з ціною попиту. Цю функцію в країнах з розвинутою економікою виконує держава за

допомогою економічних регуляторів (цін, квот, ліцензій, субсидій, дотацій, інвестицій, тощо), причому таке балансування здійснюється буквально до кожного виду виробленої продукції (зерно, молоко, м'ясо і т.д.) в першу чергу.

Тому суттєвим поштовхом для створення стабільних умов підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва стало прийняття Указу Президента України "Про невідкладні заходи щодо прискорення реформування аграрного сектора економіки" від 3 грудня 1999 року. Практично в 2000 році всі колективні сільськогосподарські підприємства були трансформовані в ефективні підприємства ринкового типу. З цим Указом майже 450 тис. селян створили особисті товарні сімейні господарства й успішно обробляють власну землю, а це майже 3 млн. га угідь. Активізувалися справи і в селянських (фермерських) господарствах. Більша частина великих сільськогосподарських підприємств адаптувалася до ринку і веде ефективно господарство. Так, за даними досліджень того ж Інституту аграрної економіки України, обсяги виробництва продукції та надання послуг у сільському господарстві у фактичних цінах збільшилися від 37,7 млрд. грн. у 1999 р. до 54,3 млрд. грн. у 2000 році, у 2001-му – до 65,1 млрд. грн. і в 2002 році – до 69,7 млрд. грн., або на 7% проти попереднього року.

Тому можна стверджувати, що певні позитивні результати сучасної аграрної політики мають місце. До них можна віднести насамперед те, що в агропромисловому комплексі України за роки реформ були задіяні основні ринкові механізми. Земля та майно колгоспів і радгоспів передані у приватну власність працівникам, що дало змогу сформувати виробничі відносини ринкового змісту. Створені правові й організаційні умови для функціонування всіх форм власності і господарювання. Сільськогосподарські товаровиробники одержали повну свободу у визначенні структури виробництва, реалізації виробленої продукції та придбанні матеріально-технічних ресурсів. Відкриті можливості для конкуренції, приватизовані підприємства сфери переробки сільськогосподарської продукції, торгівлі та послуг.

У сучасній концепції розвитку сільського господарства спостерігається тенденція виробництва сільськогосподарської продукції на малих кооперативних фермах, орендних, підсобних, сімейних і інших господарствах. Але, як і для колективних господарств, на приватних фермах для повноцінного годування худоби необхідно мати збалансовані за поживністю корми і, зокрема - комбікорми. Це підтверджує багаторічна практика годівлі сільськогосподарських тварин, яка показала, що поживні речовини, вітаміни, амінокислоти та мікроелементи найбільш ефективно використовуються у вигляді біологічно повноцінних збалансованих комбікормів. Так, при згодовуванні 1т повноцінних комбікормів можна додатково одержати 250-300 кг молока, або 24 кг м'яса, а в птахівництві - 750-900 яєць. При

цьому витрата кормів на одиницю продукції зменшується на 30 %, а її собівартість знижується на 15-20 %.

Сучасне комбікормове виробництво, як об'єкт управління, уявляє собою достатньо складну систему. Виробництво комбікормів зв'язане з використанням великої кількості компонентів, по кожному із яких повинна бути вичерпна інформація як кількісного, так і якісного характеру. Також інформацію необхідно мати і для готової продукції, асортимент якої існує досить великий. Тому підприємства комбікормової промисловості за рівнем автоматизації, в тому числі і на рівні комп'ютерних технологій, займають одне з провідних місць не тільки в агропромисловій галузі, а й серед промислових підприємств України.

Але в умовах енергетичної кризи і росту цін як на самі корми, так і на традиційні види палива, частина транспортних витрат у вартості комбікорму різко зросла. Тому для невеликих фермерських і приватних господарств придбання комбікормів і їх транспортування від спеціалізованих підприємств до місць споживання вимагає великих витрат, внаслідок чого їх вартість виходить досить високою.

Тому виробництво повноцінних комбікормів і кормосумішей безпосередньо у господарствах із зерна власного виробництва і закуплених домішок (БВД, преміксів), дає можливість значно знизити собівартість продукції, одержувати комбікорм необхідного складу, у необхідній кількості й у будь-який час.

При такій організації, складаються умови, що сприяють розробці різноманітних рецептів комбікормів, які відповідають структурі раціонів годівлі худоби у залежності від спрямування розвитку місцевої кормової бази, продуктивності худоби та ін. При цьому також підвищується якість комбікормів, краще використовуються поживні властивості фуражної сировини, тому що споживання готової продукції тваринами здійснюється одразу після її приготування.

Для реалізації переваг приготування комбікормів власними силами господарства потрібні прості в експлуатації, надійні та порівняно дешеві розмельно-дозуючо-змішувальні агрегати та установки.

У ряді приватних фермерських господарств країни добре зарекомендували себе невеликі комбікормові лінії (цехи) продуктивністю 5-10 т/год. Практика експлуатації таких систем показує, що вироблення комбікормів і кормових сумішей так званих виконавчих рецептів задовільної якості в умовах сільськогосподарських підприємств із використанням місцевої сировинної бази і покупних БВД і преміксів, має значні переваги в порівнянні з традиційним виробництвом їх на великих державних підприємствах з придбанням кормів та їх транспортуванням до місць споживання.

Разом з тим, технологічний процес виробництва комбікормів в умовах господарств, також є досить складним, з великою кількістю

збурюючих впливів, оптимізація якого можлива лише за умови автоматизації.

Тому у даному навчальному посібнику і розглянуто питання автоматизації поточкових технологічних ліній, створених на базі малогабаритних комбікормових установок (МКУ), яких нараховується кілька десятків і які випускаються як на Україні, так і за її межами.

1. КОМБІКОРМОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ І ЇЇ ОРГАНІЗАЦІЯ

1.1. Технологічні основи приготування комбікормів.

Комбікорми являють собою суміші очищених і подрібнених зернових продуктів, складених за відповідними рецептами, що забезпечують найбільш ефективно використання поживних речовин кормів.

У сучасних умовах вважається явним, що в порівнянні зі згодовуванням звичайної зернової суміші 1т повноцінного комбікорму дозволяє одержати додатково значну кількість продукції при економії кормів.

У залежності від призначення, розрізняють: повнораціонні комбікорми, комбікорми - концентрати, комбікормові суміші, що балансують, кормові добавки (білкові-вітамінні, мінеральні, премікси) і замітники незбираного молока.

Повнораціонні комбікорми повинні цілком задовольняти потреби тварин визначених груп у поживних і біологічно активних речовинах без додавання в раціон будь-яких інших кормів, забезпечувати високу продуктивність і низькі витрати поживних речовин на одиницю продукції. Повнораціонні корми повинні мати приємний запах, гарний смак і сприятливо впливати на травлення і стан здоров'я тварини. Виробляють їх головним чином для свиней і птиці.

Комбікорми - концентрати призначені для згодовування тваринам на додаток до грубих і соковитих кормів і поповнення нестачі поживних речовин в основній частині раціону.

Кормові суміші готуються для більш раціонального використання зерна, що виділяється господарствами на кормові цілі. Кормові суміші виробляються з компонентів, для яких, як правило, не встановлені жорсткі вимоги по показниках якості. При виробництві кормових сумішей широко використовують трав'яне борошно і січку, зернові відходи, побічні продукти харчової промисловості, відходи садівництва, а також різноманітні добавки з місцевих ресурсів сировини.

Для виробництва комбікормів використовують компоненти рослинного, тваринного, мікробіологічного і мінерального походження, причому компоненти рослинного походження - основні і найбільш важливі складові комбікормів і комбікормових сумішей. До них відносять: зерно злакових і зернобобових культур, побічні продукти промислової переробки рослинних культур і інші види сировини.

Комбікорми, призначені для сільськогосподарських тварин будь-якого виду і вікової групи, по своїй якості і поживності повинні відповідати вимогам державних стандартів, а по вмісту вітамінів - визначеним нормам.

Комбікормову промисловість відрізняє застосування сировини різноманітної за походженням: рослинного, тваринного,

мікробіологічного. Структура компонентів, що використовуються при виробництві комбікормів, подана на рис. 1.1.

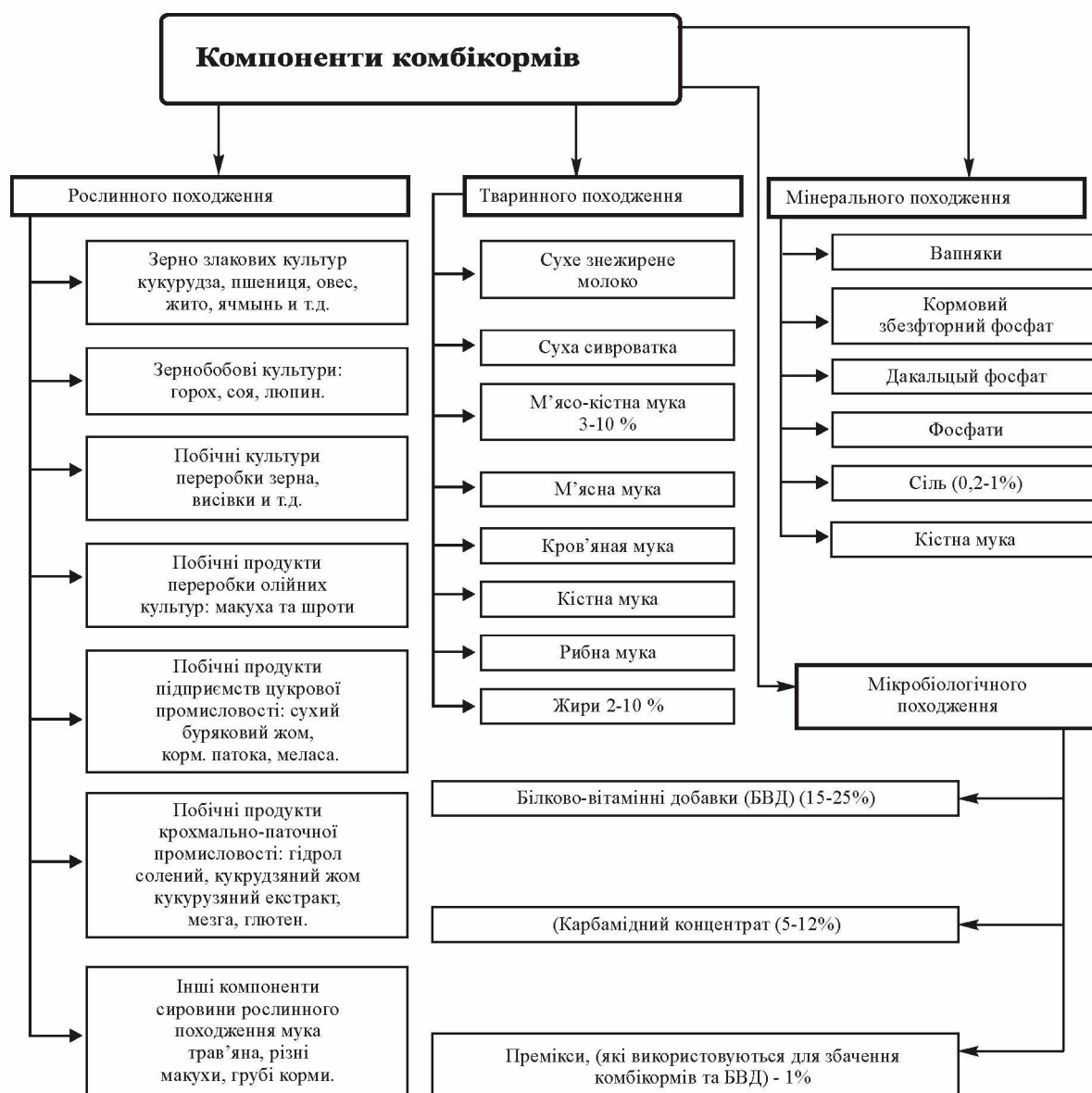


Рис. 1.1. Структура компонентів комбікормів.

Компоненти рослинного походження займають найбільший об'єм у складі рецепта комбікорму. Так зернові культури за складом насіння і специфічними властивостями підрозділяють на три групи: злаки, бобові і олійні. До складу комбікормів включають насіння цих культур, побічні продукти їхньої технічної переробки і муку, виготовлену з зеленої маси.

Кукурудза, як джерело обмінної енергії, перевершує усі зернові культури. Її уводять до складу комбікормів для молодняка і дорослої птиці в кількості до 60 - 70%, для свиней при м'ясній відгодівлі – 45-50%, при беконній відгодівлі – 20 - 25%. Не рекомендується згодовувати комбікорм, що містить кукурудзу в останній стадії відгодівлі свиней, тому що при цьому сало утворюється таким, що мажеться.

Пшениця в комбікорми вводиться в межах 25 - 30%. Винятком є раціони для свиней (до 40 - 45%). Бажано пшеницю використовувати в комбікормах для птиці, поросят і телят. Введення в комбікорми надмірно великих доз пшениці може викликати млявість тварин і їхнє ожиріння. Крім того, значна кількість пшениці тонкого помелу в роті тварин перетворюється в клейку масу, що, попадаючи в шлунок, може призвести до порушення процесів травлення.

Ячмінь - біологічно цінний і легкозасвоюваний корм для усіх видів тварин. До складу комбікорму для птиці ячмінь (без плівки) вводять у кількості 25 -50%, у раціонах свиней і великої рогатої худоби він може складати до 70 % від маси комбікорму.

Овес відрізняється від ячменю меншою енергетичною цінністю, тому він вважається бажаним дієтичним кормом для молодняку, племінних виробників, молочних корів і птиці. Гарні результати досягаються при згодовуванні тваринам комбікормів, із вмістом вівса у 25 - 30%.

Жито в комбікорми для свиней вводять у кількості 25 - 30%, для молодняку свиней і супоросних маток – 15 - 20%. Проте варто враховувати, що свіжезібране жито відрізняється великим вмістом компонентів, що мають здатність сильно набрякати в шлунку у тварин і можуть призвести до розладів системи травлення. Тому використовувати жито для введення до складу комбікормів можна лише не менш як через три місяці після збирання. У раціон птиці жито варто вводити з дотриманням запобіжних заходів і в обмежених кількостях – 7-5%. Молодняку ВРХ до двомісячного віку жито в комбікорми додавати не рекомендується.

Сорго за поживністю займає проміжне місце між кукурудзою і ячменем. Норма введення в комбікорми при відгодовуванні тварин – 10-20%, для птиці – 25 - 40%.

Просо за поживною цінністю близьке до вівса. Норма введення проса у комбікорми для птиці – 35 - 40%, для ВРХ і свиней – 15 - 20%. Для молодняку птиці до 30-денного віку просо варто вводити в комбікорми очищене.

Крім зазначених вище злакових культур, до складу комбікормів вводять гречку, чумизу й інші культури, але їхня частка, а, отже, і значення у кормовому балансі – незначна.

Зернобобові культури відрізняються від злакових удвічі більшим вмістом кальцію і легкорозчинних білків. Проте в зерні бобових також часто в більшій кількості містяться інгібітори ферментів травлення. Щоб не допустити негативного впливу їх на залози травлення тварин і забезпечити високу перетравлюваність корму, зерно бобових культур, крім суворого лімітування норми введення в комбікорм, рекомендується перед згодовуванням піддавати термічній обробці. Основними зернобобовими культурами, що вводяться до складу комбікормів, є горох, соя, люпин та ін.

Горох при відгодівлі свиней і птиці вводиться в комбікорми у кількості 15...20%, для великої рогатої худоби - до 10%.

Соя вважається найбільш поживною зернобобовою культурою, проте в її сирих бобах містяться антипоживні речовини, що погіршують використання протеїну цього цінного продукту. Тому застосування зерно сої в комбікормах для цілого ряду тварин і птиці можна тільки після відповідної теплової обробки (прожарювання, автоклавування, екструзії і т.д.). У комбікорми для ВРХ і овець сою можна вводити без попередньої обробки теплом, тому що антипоживні речовини не створюють негативного впливу на організм жуйних. Для виробництва комбікормів використовують зерно сої у невеликих кількостях, а в основному в комбікорми вводять макухи і шроти, що одержують при обробці сої.

Люпин - високопротеїновий корм, що відрізняється гарною перетравлюваністю для усіх видів тварин. У порівнянні із соєю, у люпині міститься майже в п'ять разів менше жиру і у три рази більше клітковини.

Люпин є відмінним протеїновим компонентом у комбікормах-концентратах для свиней, що одержують у раціоні картоплю.

З інших зернобобових у комбікормах можна використовувати віку, сочевицю, кормові боби. За хімічним складом і поживності, зерно цих культур близьке до гороху. Але, як правило, вони займають незначне місце в кормовому балансі господарств.

Крім зазначених вище злакових і зернобобових культур, вихідними компонентами, що вводяться до комбікорму, є побічні продукти переробки зерна (висівки, мучки, зерновідходи), переробки олійних культур (макухи, шроти), підприємств цукрової промисловості (сухий бурячний гніт, меляса, мелясний гніт), крохмально - патокової промисловості (кукурудзяні екстракти, гідрол, мезга), спиртового і пивоварного виробництва (суха барда, пивна шротина, солод) і ін.

Зміст живильних речовин у компонентах рослинного походження залежить від численних факторів: умов і району зростання, ґрунту, вологості й інших. У комбікормовій промисловості можна використовувати і такі малопоширені культури як нут, зерно якого добре переварюється усіма видами сільськогосподарських тварин і птицею. До рослинних кормів відносять також плоди деяких дерев, наприклад жолуді. Вони відносно бідні протеїном, якого містять усього до 6% і жиром, зміст якого до 3,5%. Проте жолуді містять базазотисті екстраактивні речовини в кількості до 70%, що складаються в основному з крохмалю. Живильна цінність 100 кг жолудів складає 110 корм. од. У нашелушених жолудях міститься 3,7 % сирого протеїну і 9,2 % сирої клітковини.

Серед перспективних рослинних компонентів комбікормів найбільш широко використовуються сорго, рапс, а також продукти їхньої переробки. Різноманітні муки і мучки з рослин (у комбікормовій

промисловості трав'яна мука - єдиний компонент, багатий каротином), хвойна мука, мука з листя і морських водоростей.

При виробництві комбікормів широко використовуються компоненти технічної переробки рослинних культур. Цю групу компонентів складають продукти борошномельної, круп'яної, пивоварної, масложирової та крахмалопатокової промисловостей: висівки, різноманітні кормові мучки, барда, пивна шротина, шроти, макуха, кормова патока, бурячний гніт, картопля сушена і т.п.

До компонентів технічної переробки тварин відносять продукти переробки молока (молочні відвійки, сиворотка, замітник сухого молока), кормові продукти м'ясокомбінатів (кров'яно-кісткова, м'ясна, м'ясо-кісткова і пір'яна мука), кормові продукти рибопереробної промисловості. Всі ці компоненти використовують у виді сухої муки. Ці високоцінні компоненти входять до складу комбікормів для тварин, що ростуть, для супоросних і підсосних свиней, а також птиці. Вони набагато підвищують білкову і мінеральну поживність комбікормів.

Мінеральні компоненти комбікормів включають поварену сіль, крейду, кормові фосфати, муку і крупу з раковин молюсків, травертинову муку і вапняк

Компоненти, що використовуються при виробництві комбікормів повинні відповідати визначеним вимогам. Відхилення якості сировини від цих вимог знижує ефективність комбікормів, призводить до захворювання, а іноді й отруєнню тварин і птиці. Основні показники, що характеризують технологічні властивості компонентів комбікормів - це фізико-хімічні і структурно-механічні. Вони визначають особливості процесу здрібнювання зерна, відділення плівок, сортування, дозування і змішування, а також вихід і якість продукції, витрата електроенергії. Класифікація характеристик компонентів подана на рис. 1.2.

Для збалансування комбікормів до них вводять різноманітні добавки тваринного (сухе знежирене молоко, сиворотка, м'ясо-кістне і рибне борошно та ін.) і мінерального (крейда, сіль, вапняки, черепашкова крупа, травертини і т.д.) походження. Норми введення добавок, що балансують, суворо регламентовані.

Комбікорми-концентрати використовують як добавку до грубих, соковитих і інших кормів, що входять до складу основного раціону, у залежності від виду тварин, їхнього віку, напрямку виробництва і т.д. У господарствах комбікорми-концентрати нерідко згодують без попереднього змішування з іншими кормами, або вводять у суміші необхідні компоненти у неприпустимих кількостях. Внаслідок цього, ефективність їхнього використання знижується на 15 - 20 %. Згодовування комбікормів-концентратів є причиною підвищення витрат корму на одиницю продукції, нераціональне використання місцевих кормових ресурсів.

У якості добавок використовуються білкові кормові дріжджі - продукт мікробіологічної промисловості, білковий-вітамінний

концентрат, гідролізні кормові дріжджі, амінокислоти, кормовий концентрат лізину, компоненти хімічного синтезу, білкові-вітамінні добавки (БВД) на основі карбамідного концентрату. Крім цього, використовуються мікрокомпоненти, до яких відносять вітаміни, мікроелементи, ферменти й антибіотики, а також премікси, які уявляють собою однорідні суміші спеціальним чином подрібнених високобілкових кормових продуктів і мікродобавок.



Рис. 1.2. Класифікація характеристик компонентів комбікормів.

Збагачення зерна біологічно активними речовинами дає можливість більш раціонально використовувати концентровані корми і на відгодівлі, наприклад, однієї свині до маси 110 кг, зменшити витрати зерна на 140-180 кг.

Наука і практика свідчать, що при правильному об'єднанні в раціонах різноманітних компонентів, наприклад зерна з бобовими культурами і травами, можна значно підвищити їхню біологічну ефективність. Так добавка гороху в кількості 25 % до маси зерна пшениці, збільшує біологічну ефективність суміші на 120 %, добавка 7-15 % сої до пшениці - удвічі. Горох у суміші із сорго в пропорції 20:80 збільшує біологічний ефект утричі. Невеличка добавка зерна до трави підвищує загальний ефект суміші в 1,5-2,5 рази. Зерно злакових культур бідне на незамінні амінокислоти, тому для їхнього збалансування в 1 т

зерна злаків потрібно додавати один із таких компонентів: 1 т горохової дерті, 9 т бобового борошна, або 0,45 т лляної макухи, 3 т соняшникової макухи, або 0,25 т соєвого шроту

Ефективне використання поживних речовин комбікормів можливе лише за умови подрібнення компонентів до необхідного ступеня помелу. З урахуванням цих вимог сировина, що надходить на виробництво, розподіляється на дві групи: перша, що не підлягає подрібненню (висівки, борошно, БВД, порошкоподібні мінеральні домішки й ін.) і друга – та, що підлягає обов'язковому подрібненню (усі види зернофуражу, макуха, шрот, крейда, кухонна сіль і ін.).

Тому розрізняють три фракції помелу зерна: тонкий - розмір подрібнених часток - 0,2-1 мм; середній - у подрібненій масі переважають частки розміром 1-1,8 мм і грубий - 1,8-2,8 мм. В усіх фракціях помелу небажана наявність пиловидних часток, що можуть збиватися в грудки. Таких часток у зерні повинно бути не більш 20 %. Великій рогатій худобі, у залежності від віку, рекомендується згодовувати комбікорми середнього і грубого помелу, а свиням - тонкого помелу.

Проте, як зазначалося вище, потреба тварин у живильних, мінеральних і біологічно активних речовинах, як правило, не відповідає вмісту цих речовин в окремих кормах, тобто найкраще використання живильних речовин досягається при згодовуванні тваринні не окремих видів кормів, а їхніх сумішей. При правильному доборі компонентів кормової суміші відсутня кількість живильних речовин в одному компоненті, доповнюється підвищеним змістом в інших, в результаті чого можна цілком перекрити потребу тварини в живильних речовинах у відповідності до її виду, віку, продуктивності і фізіологічного стану.

Основою для складання рецептів комбікормів є норми годівлі сільськогосподарських тварин, а також розроблені з урахуванням цих норм діючі в країні стандарти на комбікорми для тварин відповідних вікових та виробничих груп.

Рецепт - це формула (співвідношення), відповідно до якої виробляють продукцію. Рецепти виробляють на основі багаторічного наукового і господарчого досвіду по годівлі сільськогосподарських тварин у колгоспах, радгоспах і науково-дослідних організаціях.

Упорядкування конкретного рецепту включає три етапи. На першому визначають, відповідно до норм і стандартів, зміст у комбікормі сирого протеїну, масову частку сирої клітковини, обмінну енергію та інші показники.

Живильна цінність комбікорму виражається в кормових одиницях, під якими розуміють загальну поживність 1 кг вівса гарної якості, натурою 450... 480 г/л, вологістю 13%. При оцінці поживності однієї кормової одиниці через жировідкладення великої рогатої худоби, вона адекватна приблизно 150 г жиру.

Масова доля сирого протеїну служить об'єктивним показником білкової цінності комбікорму. Його визначають хімічним шляхом у кожній партії комбікорму і виражають у відсотках.

Обмінна енергія в комбікормах для птахів визначається, як різниця енергії (калорійності) комбікорму й енергії, що виділяється з продуктами обміну. Обмінну енергію виражають у кілокалоріях для 100 г комбікорму.

Інші показники подані такими обов'язковими параметрами комбікормів: вмістом кальцію, натрію, фосфору, лизину, метионіну, цистину. Одні показники визначають розрахунковим шляхом, інші - хімічним, за фактичним змістом.

Рецепти комбікормів нумерують відповідно до виду тварин і птахів, що показано в табл. 1.1. При цьому варто розрізняти так звані стандартні рецепти, що готують по сталих, затверджених відповідними зоовимогами співвідношеннях переважно на державних і міжгосподарських комбікормових заводах, а також рецепти виконавчі, що виготовлюються з наявних компонентів. Особливістю останніх є можливість використання не тільки запасів зернових, які має господарство, а й інших компонентів, таких як шроти, жоми та ін.

Таблиця 1.1

Нумерація рецептів комбікормів.

Вид тварини	Номер рецепта
Кури	1-9
Індички	10-19
Качки	20-29
Гусаки	30-39
Інші птахи (цесарки, голуби)	40-49
Свині	50-59
ВРХ	60-69
Коні	70-79
Вівці	80-89
Кролики і нутрії	90-99
Пушні тварини	100-109
Риби	110-109
Продуценти і лабораторні тварини	120-129

При розрахунку рецепта, для одержання оптимального складу комбікорму, на першому етапі застосовується так звана вартісна функція, яка у загальному вигляді представляється в такий спосіб

$$F(X_i) = \sum_{i=1}^n P_i X_i = P_1 X_1 + P_2 X_2 + \dots + P_n X_n \rightarrow \min ,$$

де C_i , X_i - відповідно вартість одиниці маси і кількість в комбікормі даного виду сировини;

Для більш загальної оцінки якісних показників комбікормів використовується так називана бальна оцінка, яка записується так

$$F(X_i) = \sum_{i=1}^n \delta_i x_i \rightarrow \min ,$$

де δ_i - бальна оцінка x_i -го компонента.

Бальна оцінка є більш стабільною у порівнянні з вартісною цільовою функцією, яка при її відособленому застосуванні іноді призводить до некерованого в якійсь мірі процесу, тому що вартість сировини різноманітна по зонах країни і не відображає фактичної поживності сировини.

Бальна оцінка утвориться в результаті ділення x_i -го показника поживності сировини на обмеження і підсумовування отриманих значень по прийнятим у розрахунок показникам поживності. При бальній цільовій функції вводиться обмеження по собівартості комбікорму.

Крім зазначених критеріїв, оптимізація рецептів комбікормів можлива також із використанням деяких математичних методів, до яких, у першу чергу, відносять метод лінійного програмування і симплекс-метод, особливості застосування яких будуть розглянуті у відповідних розділах цього навчального посібника.

1.2. Існуюча структура комбікормових підприємств.

Підприємства комбікормової промисловості можна класифікувати (рис. 1.3) за такими критеріями [17, 26]: зона обслуговування, тип і рівень організації виробництва, технологія, асортимент і вид продукції, що випускається, а також місце розміщення підприємства.

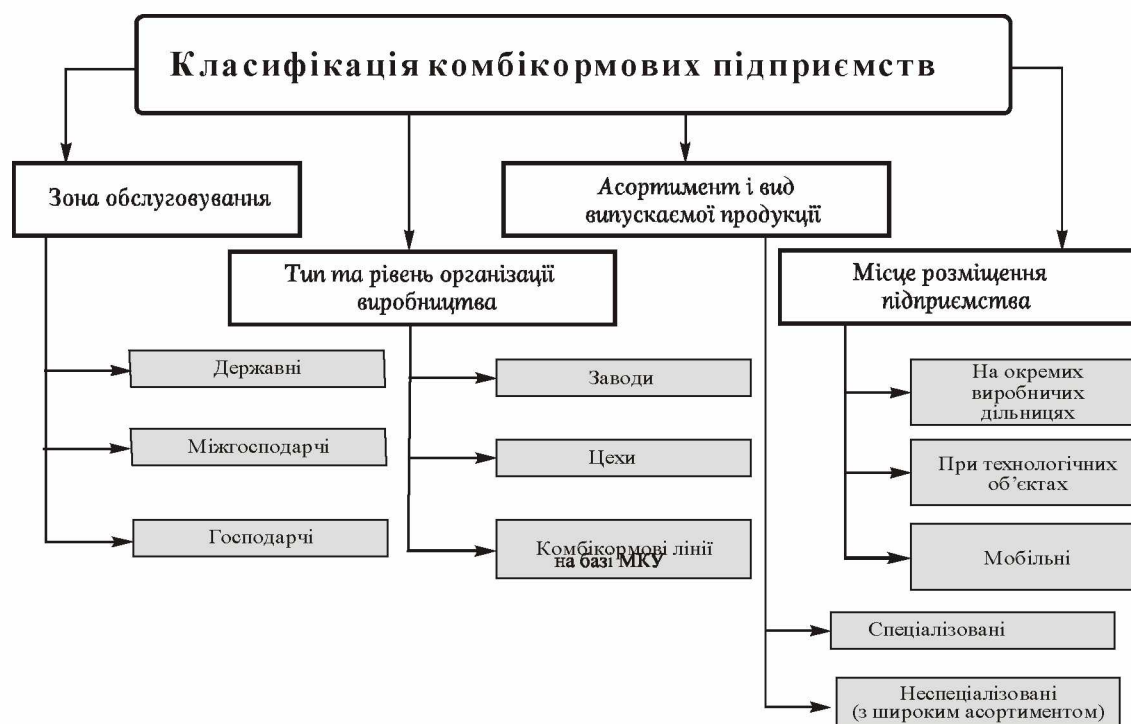


Рис. 1.3. Класифікація комбікормових підприємств.

Тобто комбікормові підприємства у сучасний період можна поділити на три основні групи, а саме:

- державні комбікормові заводи;
- міжгосподарські комбікормові цехи та заводи;
- потокові технологічні лінії на базі МКУ для виробництва комбікормів в умовах господарств.

Підприємства перших двох груп реалізують випуск продукції по так названих стандартних рецептах, які передбачають використання до 90 % зернових компонентів, що робить вартість таких комбікормів досить високою.

Одним зі шляхів здешевлення комбікормів є зниження вмісту в них дорогих зернових компонентів. Цим шляхом пішли виробники багатьох країн [19], що показано в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Використання зерна в комбікормах.

Країна	Обсяг виробництва комбікормів, млн.т			Використання зерна в комбікормах	
	для ВРХ	для свиней	для птахів	%	млн.т
Франція	4,00	6,44	8,41	38,2	7,59
Німеччина	8,04	6,28	4,08	27,7	5,4
Нідерланди	4,20	7,65	3,50	17,4	2,8
Іспанія	3,14	5,85	4,35	44,5	5,7
Італія	3,72	2,54	4,39	45,2	5,5
Великобританія	4,53	2,50	3,92	32,7	3,85
Данія	1,57	3,43	0,64	29,3	1,77
Бельгія	1,11	1,04	1,34	15,4	0,86
Португалія	1,01	1,49	1,27	28,3	1,12
Ірландія	1,84	0,64	0,45	26,6	0,79

При цьому вміст білкової сировини, яка в основному визначає рівень продуктивності тварин і птиці, в наших комбікормах 11 %, а США і Німеччини - відповідно 15 % та 17 %.

Однак, наявний стійкий ринок збуту продукції державних комбікормових заводів у вигляді великих промислових тваринницьких і птахівницьких комплексів, робить неефективними заходи щодо заміни зернових інгредієнтів на менш дорогі.

Тому, коли після реформування сільськогосподарського сектора, для фермерських і невеликих сільськогосподарських підприємств і агрофірм закупувати корми на державному чи міжгосподарському

комбікормовому заводах з наступним їх транспортуванням до місць споживання стало економічно не вигідним, виникла й одержала подальший розвиток ідея готування комбікормів в умовах господарств. До цього слід зазначити, що в США та країнах Західної Європи до 40 % кормів виробляється саме у господарствах на МКУ.

При цьому, як вихідні компоненти комбікормів, поряд із традиційними зерновими інгредієнтами, у господарствах знайшла застосування місцева сировинна база у виді макух, шротів і т.п., що значно знизило собівартість продукції без істотного зниження її якості. Для використання в таких технологічних лініях, промисловістю багатьох країн, в тому числі і України, випускається досить широкий спектр малогабаритних комбікормових установок, як серійних, так і експериментальних, характеристика та особливості роботи яких будуть розглянуті у наступному розділі.

За технологією комбікормові підприємства існують як з повним, так і з спрощеним технологічним циклом. За асортиментом продукції, що випускається - спеціалізовані (випускають продукцію переважно для одного виду споживачів) і неспеціалізовані (з широким асортиментом). Розміщуватись комбікормові підприємства можуть як у вигляді окремих виробництв, так і при різного виду сільськогосподарських об'єктах (зернопунктах, тваринницьких та птахофермах, а також у мобільному варіанті з розміщенням на тракторному причепі, або платформі автомобіля.

Структура комбікормового виробництва передбачає основні і допоміжні процеси [2, 13, 18]. До основного відносять процеси, безпосередньо пов'язані з перетворенням вихідної сировини в комбікорм. До допоміжних процесів відносять: транспортування, прийом, розміщення і збереження сировини; збереження і відпуск готової продукції; переробку відходів основного виробництва і т.д.

З урахуванням накопиченого досвіду, спеціалістами розроблені відповідні рекомендації щодо оптимальних характеристик технологічного обладнання для виробництва різних видів комбікормів в умовах господарств, що показано на рис. 1.4.





Рис 1.4. Класифікація машин з виробництва комбікормів в умовах господарств.

Так комбікормові цехи продуктивністю 4,0 т/год доцільно використовувати для свинокомплексів на 12 тис. гол., а 8 т/год.– на 24 тис. гол., крупних птахофабрик, а також як міжгосподарські комбікормові виробництва. Агрегати продуктивністю 0,5 і 1,0...2,0 т/год призначені безпосередньо для ферм (табл. 1.3). Для виробництва БВД передбачені установки продуктивністю 0,5; 1,0 и 2,0 т/год. Їх можна використовувати як самостійно, так і у складі комбікормових цехів.

При добовій потребі у комбікормах до 1,0 т, фермеру, як правило, не вигідно використовувати комбікормову установку. Тому тут доцільне використання мобільних агрегатів продуктивністю 1,0...2,0 т/год за допомогою яких можна обслуговувати ферми за графіком чи у разі потреби. Привод таких агрегатів – від електродвигуна або ВВМ трактора.

У табл. 1.3 наведені дані відносно ефективного використання технологічного обладнання в залежності від виду та чисельності тварин.

Таблиця 1.3

Залежність продуктивності МКУ від поголів'я.

Тип обладнання	Продуктивність, т/год.	Потреба у комбікормах, т/доб.	Рекомендується для господарств із поголів'ям		
			свиней	ВРХ	вівць
Розмельно-змішувальна установка	0,5	1,0-4,0	до 2000	до 400	до 6000
Комбікормовий агрегат	1,0	4,0-8,0	4000	1000	12000
Комбікормовий агрегат	2,0	15-30	до 6000	2000	25000
Комбікормовий цех	4,0	30-50	до 12000	4000	–
Міжгосподарське комбікормове підприємство	8,0	60-120	–	–	–

Таким чином існуюча система комбікормових підприємств має досить чітку структуру, яка передбачає розподіл технологічного обладнання для всіх рівнів виробництва, починаючи з державних заводів і до ліній для виробництва комбікормів в умовах господарств.

1.3. Галузь використання та аналіз технологічних схем існуючих малогабаритних комбікормових установок.

Сучасною концепцією розвитку сільського господарства на Україні є тенденція виробництва сільськогосподарської продукції на малих кооперативних фермах, орендних, підсобних, сімейних та інших господарствах, що дає можливість значно знизити собівартість продукції, одержувати комбікорм необхідного складу, у необхідній кількості й у будь-який час.

Тому для невеликих реформованих господарств АПК необхідним є збільшення обсягів виробництва комбікормів, поліпшення їхньої якості та асортименту, а також використання місцевої сировинної бази, що вимагає створення міжгосподарських (арендно-кооперативних) і фермерських малогабаритних комбікормових цехів. Для цього необхідні відносно невеликі за розмірами, надійні, прості в експлуатації і порівняно недорогі подрібнюючо-дозуючо-змішувальні агрегати та установки, які дозволяють готувати якісні комбікорми із місцевої сировини та різноманітних покупних добавок.

У зв'язку з цим промисловістю багатьох країн випускається досить широкий спектр малогабаритних комбікормових установок, як серійних, так і експериментальних [14, 20, 22, 24], основні з яких представлені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Технічна характеристика малогабаритних комбікормових установок.

Устаткування	Загальні показники				
	Країна – виробник	Продуктивність, т/год	Встановлена потужність, кВт	Маса, кг	Число обслуг. перс.
Серійні МКУ					
1. УМК-Ф-2	Україна	3 - 5	20,0	3800	1
2. АКМ-1	Україна	1.0 –1,1	25,0	2200	1
3. АКН-1М	Україна	1,0	17,2	1 500	2
4. К-Н-5	Беларусь	2–5	до 50	-	1
5. К–Н–5–1	Беларусь	2–5	до 50	-	1
6. АWF-4	Німеччина	0,15 - 0,2	3,0	70	1
7. БМКА–1–01	Україна	0,6–0,8	13,2	650	1

8. КА-4	Росія	4	38	4690	1
9. ОКЦ-4	Росія	4 - 4,8	210,0	13500	2
10. ОКЦ-8	Росія	8 - 9,3	350,0	83600	5
11. "Ніагара"	Україна	1,4	27,1	1 080	1
12. Мишко ("Супрол")	Польща	0,6	-	-	1
13. ІБМЕР	Польща	0,8	-	-	1
14. Рако	Німеччина	1,5	-	-	1
15. МХ-170 («Гейл»)	США	40 л/с	-	-	1
16. АФМ 993 Q ("Бушхофф")	Німеччина	5-8	-	-	1
17. НК-5	Фінляндія	5	197,5	-	-
18. І-Star.	США	6	21,9	2000	1
19. Agrcoos-Centrum	Чехія	0,85	9	2000	1

Продовження таблиці 1.4.

Експериментальні МКУ					
20. КМЗ-069	Росія	0,7	7,5	850	2
21. КМЗ-1,0	Росія	1,3	11	1200	2
22. КМЗ-2,	Росія	2,2	18,5	1600	3
23. ЛПК-2	Беларусь	3	29	3000	1
24. Elger	Угорщина	3	44,5	-	1
25. Buhler-MIAG	Швейцарія – Німеччина	7	-	-	-
26. Компакт	Україна	4			1
27. Фермер	Росія	1	20		1
28. ККУ-1(2,3)	Литва	0,9	7,5	750	1
29. ККУ-2	Литва	1,3	15	1000	1
30. ККУ-3	Литва	1,8	18,5	3000	1
31. RVOF12	Німеччина	0.5	7.5	-	1
32. RVM332	Німеччина	0.64	10	-	1
33. RVM442	Німеччина	0.8	12.5	-	1
34. 10/FSD	Італія	1.5	13.6	730	1
35. C15-1000	Італія	1.8	12.8	700	1
36. МКУ	Україна	6	20	-	1
37. ЦК-4	Беларусь	8	90	10000	1
38. Веда	Україна	3	-	-	-

Як це видно з табл. 1.4, на Україні досить добре освоєно виробництво малогабаритних комбикормових агрегатів, таких як УМК-Ф-2, "Харків'янка", АКМ-1, БМКА-1 та ін. Проаналізуємо роботу деяких з них, а також найбільш відомих агрегатів закордонного виробництва.

Одним з найбільш поширених у країні малогабаритним агрегатом є створена НПО "Ферммаш" установка УМК-Ф-2. Вона складається із зблокованих в однім корпусі наддозаторних бункерів для п'яти компонентів, шнекових живильників, дробарки-змішувача з кільцевим решетом, нижнього шнеку-змішувача і системи автоматичного

керування. Даний комбікормовий агрегат призначений для готування в господарствах, на тваринницьких фермах і комплексах розсипних комбікормів із власної сировини (зернофураж, гранульована трав'яна мука) і білково-вітамінних добавок (БВД) промислового виробництва. Агрегат забезпечує прийом сировини з автотранспорту (або складу), накопичення її оперативного запасу, безупинне об'ємне дозування, сукупне подрібнення і змішування компонентів у дробарці-змішувачі, транспортування готового продукту у накопичувальну ємність.

Малогабаритний комбікормовий агрегат випускається в двох модифікаціях: УМК-Ф-2 конструкції НПО Ферммаш (м. Київ), та АКМ-1 "Харків'янка" – (м. Харків). У конструкцію цих установок закладені аналогічні базові вузли, а їх характеристики показано у табл. 1.5.

Таблиця 1.5.

Основні характеристики модифікацій комбікормового агрегату.

Показник	УМК-Ф-2	АКМ-1
Ємність наддозаторних бункерів, м ³	22	30
Бункер збереження БВД	Є	Немає
Розвантаження готової продукції	Спеціальним шнеком	Норією
Ємність бункера готової продукції, м ³	10	20
Магнітне очищення від металевих домішок:		
- у вузлі прийому (магнітна колонка)	Є	Немає
- у дробарці	Є	Є
Сепаратор	Є	Немає
Розподілюючий шнек	Є	Немає

Технологічна схема виробництва комбікорму за допомогою установки УМК-Ф-2 приведена на рис. 1.5.

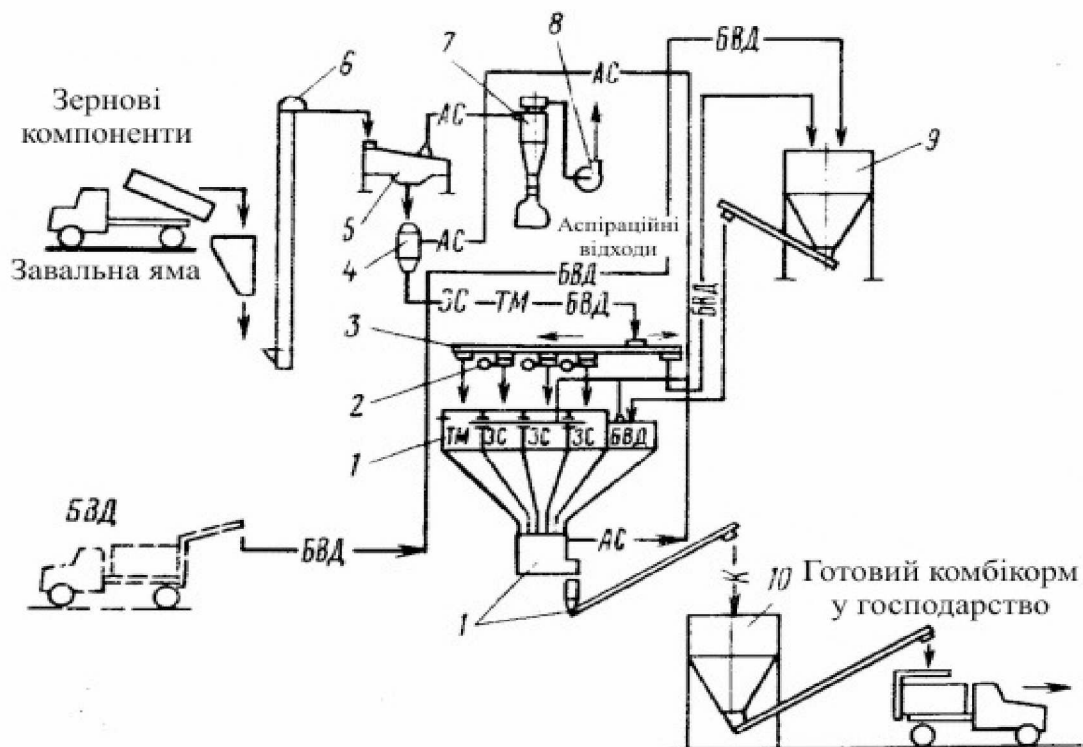


Рис. 1.5. Технологічна схема виробництва комбікормів на агрегаті УМК-Ф-2:

1 – наддозаторні бункери; 2 – рейкова засувка; 3 – розподільчий гвинтовий конвеєр; 4 – магнітна колонка; 5 – сепаратор; 6 – норія; 7 – вентилятор; 8 – циклон; 9 – бункер зберігання БВД; 10 – бункер готової продукції.

Умовні позначення: ЗС - зернова сировина; ТМ - гранульована трав'яна мука; БВД - білково-вітамінні добавки; К - готовий комбікорм; АС - аспіраційна система.

Вихідні компоненти завантажуються в бункери накопичування, відкля безупинно (у міру витрати) подаються у п'ять секцій наддозаторного бункера 1. Компонент, що має найбільший обсяг у рецепті, подається в секцію № 2, а компоненти, які не потребують подрібнення – у секції № 1 і № 5.

З наддозаторних бункерів компоненти дозаторами подаються в дробильну камеру. Подрібнений продукт просівається крізь решето, а потім горизонтальним і вертикальним шнеками подається в бункер готового корму. В процесі подрібнення і транспортування відбувається змішування компонентів. Якщо в рецепті є компоненти, що не потребують подрібнення, то, як це вже було сказано вище, за допомогою поворотних планок вони направляються на горизонтальний шнек, минаючи камеру подрібнення. Змішування в цьому випадку відбувається в процесі транспортування в розширеній частині вертикального шнеку. При використанні установки в якості змішувача з дробильної камери витягається решето.

Поряд традиційною комплектацією, яка включає молоткову дробарку, до складу агрегату УМК-Ф-2 також може входити нова

ударно-відцентрова дробарка ДЗУ-Ф-2, яка складається з корпусу, розгінного ротора, ударного ротора, розділювальної камери, електродвигунів (рис. 1.6).

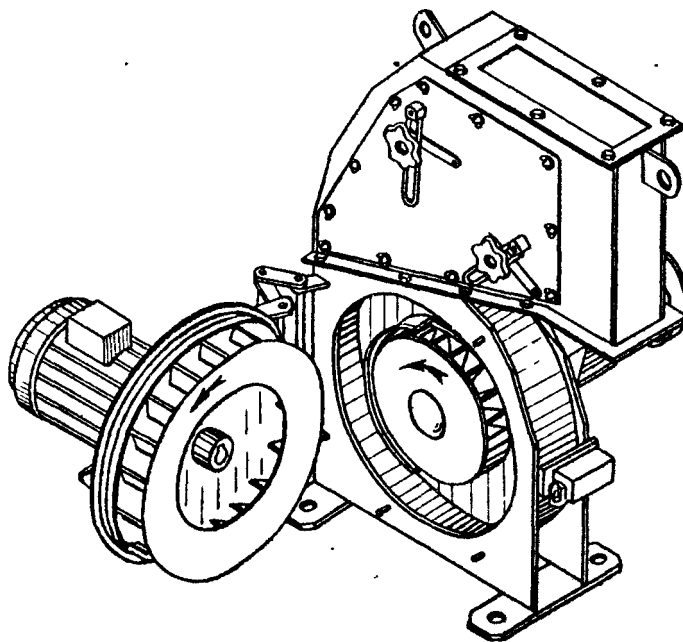


Рис. 1.6. Дробарка зерна ДЗУ-Ф-2.

Корпус являє собою жорстку зварну конструкцію, де монтуються основні вузли дробарки. Ротори виконані у вигляді радіальних вентиляторів з об'ємними лопатками трикутної (пластинчастої) форми і встановлені на валах електродвигунів.

Для обслуговування дробильної камери передня стінка виконана у вигляді кришки, що відчиняється, на якій закріплений електродвигун з ударним ротором.

Розділювальна камера призначена для сепарування здрібнених часток по розмірах і спрямування крупної фракції на додаткове подрібнення. Усередині камери за допомогою решіт, поворотних пластин і заслінки, утворені три канали: готового продукту, вивантажувальної й обернений.

Зернова маса за допомогою дозаторів надходить у дробильну камеру, зокрема, на розгінний ротор, захоплюється лопатками і під дією відцентрової сили подається на ударний ротор, що обертається в протилежну сторону. В результаті удару зерна об лопатки воно руйнується. Здрібнені частки надходять у розділювальну камеру, де сепаруються: дрібні - по каналу готового продукту і вивантажувальної горловині надходять на лінію змішування установки УМК-Ф-2, а ті, що вимагають додаткового подрібнення - подаються по оберненому каналу знову в дробильну камеру. Крупність продукту регулюється зміною положення поворотних пластин і заслінки.

У корпусі дробарки є перекидні заслінки, за допомогою яких вихідні компоненти, що не потребують подрібнення, можуть направлятися від дозатора установки на лінію змішування, минаючи камеру подрібнення.

Переваги дробарки ДЗУ-Ф-2:

- використана нова технологія подрібнення зерна (без застосування решіт, молотків та дек), яка забезпечує високу надійність машини;
- відсутні місця змащування і окремих передач за рахунок установки роторів безпосередньо на валу електродвигунів;
- відсутність змінних робочих органів і вільний доступ до них полегшують роботу оператора при експлуатації дробарки;
- можливість безступінчастого (простого) регулювання якості подрібнення без зупинки технологічного процесу;
- низькі матеріало- та енергоємність;
- знижено шум і запиленість, що значно поліпшило умови експлуатації;
- можливість відокремленого застосування дробарки в зерноскладах і на фермах при комплектації її завантажувальними та вивантажувальними засобами, шафою керування.

Технічна характеристика дробарки ДЗУ-Ф-2

Продуктивність по зерну ячменю вологістю	12-14 %
(при залишку на ситі з отворами діаметром 3 мм - не більше 5 %), т:	
за 1 год. основного часу	1,6-2,4
за 1 год. експлуатаційного часу	1,47-2,15
Середній розмір часток, мм	0,8-2
Номінальна потужність встановленого електроустаткування, кВт	11,5
Номінальна частота обертання ротора, хв ⁻¹ :	
розгінного	2880
ударного	2895
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1500
ширина	1000
висота	1100
Маса, кг,	220

Таким чином, на основі аналізу конструкції малогабаритного комбікормового агрегату УМК-Ф-2, можна зробити такі висновки:

- 1) молоткова дробарка установки УМК-Ф-2 має такі недоліки:
 - високу питому енергоємність;
 - нерівномірність гранулометричного складу отриманого продукту і підвищений вміст пилових часток;

- інтенсивний знос робочих органів;
 - певні труднощі в технічному обслуговуванні.
- 2) заміна молоткової дробарки УМК-Ф-2 на ударно-відцентрову ДЗУ-Ф-2 дозволяє знизити енергоємність процесу подрібнення зерна, зменшити кількість пилових часток, підвищити надійність роботи конструкції та збільшити період між технічним обслуговуванням.
 - 3) відсутність сталого повітряного потоку в дробарці ДЗУ-Ф-2 призводить до недостатньо якісного розділення на фракції подрібненого зерна.

Також поширені на Україні комбікормові агрегати вітчизняного виробництва АКМ –1 та БМКА-1, випущені на Новоград Волинському заводі сільгоспмашин, які задовольняють потреби господарств у порівняно недорогих, простих в експлуатації установках для приготування комбікормів безпосередньо на фермах з використанням місцевої сировинної бази.

Малогабаритний комбікормовий агрегат АКМ-1 (рис. 1.7) складається з таких основних вузлів і агрегатів: чотирьох збірників зерна з кормопроводами, чотирьох позиційного розподільника вихідних зернових компонентів, молоткової дробарки з кільцевим решетом і вентилятором, двох шнекових живильників збагачувальних домішок, рами, на якій змонтовано два вертикально-шнекові змішувачі, вивантажувального конвеєра, електрообладнання.

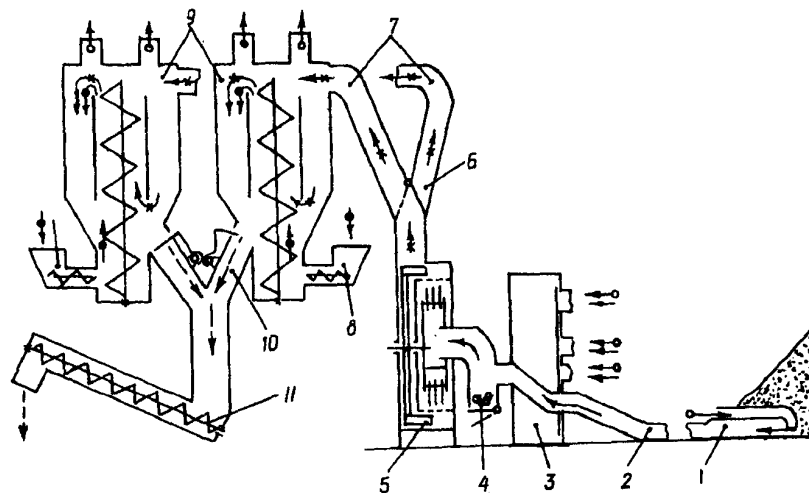


Рис. 1.7. Технологічна схема малогабаритного комбікормового агрегату АКМ - 1.

Під дією розрідження, створеного ротором і вентилятором дробарки, зернові компоненти із буртів почергово, згідно з рецептом комбікорму, засмоктуються збірником 1 і по кормопроводах 2 через розподільник 3 надходять у дробарку 5 для подрібнення. При цьому

сторонні предмети лишаються в уловлювачі 4. Подрібнений продукт повітряним потоком попадає через трійник 6 по трубі 7 в один із змішувачів 9. Після заповнення необхідною кількістю зернових компонентів їх подачу трійник переключає на другий змішувач, а в перший через живильник 8 довантажують збагачувальні домішки і протягом 5 хвилин перемішують. Потім відкривають заслінку вивантажувального лотка 10 і готовий комбікорм вивантажувальним конвеєром 11 подається у транспортний засіб чи бункер готової продукції. Після розвантаження змішувача вивантажувальний потік перекривають і змішувач готовий для приймання нової порції компонентів. Увесь описаний вище цикл у цей же час відбувається на другому змішувачі, тобто забезпечується безперервний процес роботи дробарки, яка в основному і визначає продуктивність агрегату. Контроль за дозуванням зернових компонентів здійснює оператор, а збагачувальні домішки попередньо звантажують на вагах. Обслуговує агрегат один оператор.

До складу комбікормового блок-модулю БМКА-1 (рис. 1.8) входять збірник з кормопровом, молоткова дробарка з кільцевим решетом і вентилятором, два живильника збагачувальних домішок та накопичувач-змішувач з ваговим дозуючим пристроєм.

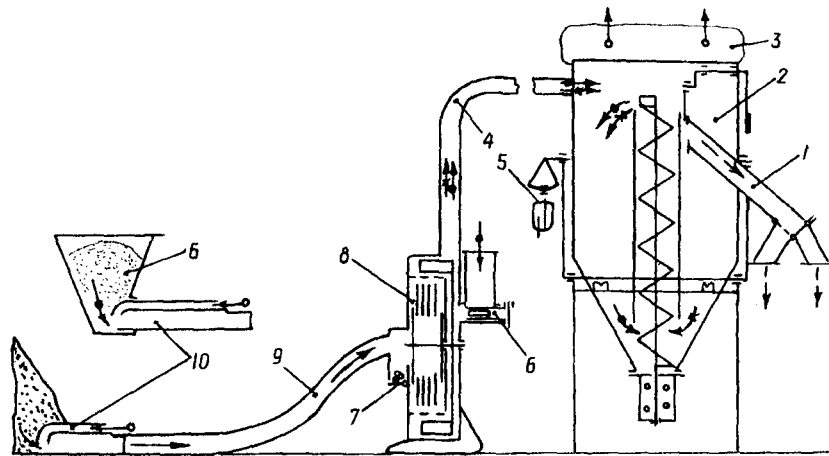


Рис. 1.8. – Технологічна схема блок модуля БМКА- 1:

1 - вивантажувальний лоток; 2 - накопичувач-змішувач; 3 - фільтр; 4 - труба; 5 - датчик вагового дозувального пристрою 6 - живильник збагачувальних домішок; 7 - уловлювач по сторонніх предметів; 8 - дробарка; 9 - кормопровід; 10 - забірник.

Технологічний процес БМКА-1, який в цілому аналогічний технології агрегату АКМ-1, відрізняється від нього тим, що блок-модуль обладнаний одним збірником і одним змішувачем, що в свою чергу обумовлює циклічний процес роботи з наступною послідовністю операцій: подрібнення, збагачення домішками, змішування-вивантаження. Дозування зернових компонентів у блок-модулі БМКА-1-01 вагове і здійснюється за допомогою пристрою, змонтованого у місці

з'єднання накопичувача-змішувача з рамою, а збагачувальних домішок, як і в агрегаті АКМ-1- попереднім їх вивантажуванням на вагах.

До складу комбікорму, що виготовляється на агрегатах АКМ –1 та БМКА-1 може входити практично 4-5 зернових компонентів, причому їхня кількість обмежується зоною досяжності забірних кормопроводів.

Основні технологічні характеристики нового обладнання АКМ –1 та БМКА-1 наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Основні технічні характеристики обладнання АКМ –1 та БМКА-1.

Показник	Значення показника	
	АКМ-1	БМКА-1-01
Продуктивність, т/г основного часу	1,0 – 1,1	0,6 – 0,8
Встановлена потужність, кВт	25	13,2
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
Габарити, мм	3470x3900x3300	4700x2070x2800
Маса, кг	1500 – 1700	650
Похибка в дозуванні зернових компонентів, %	0,7 – 0,8	1,0 – 2,8
Однорідність змішування, %	87,8	85,9

Малогабаритний комбікормовий агрегат ОВК-2. 00. 000 (рис. 1.9) призначений для виробництва повнораціонних комбікормів і видачі їх через вивантажувальної шнек у мобільні транспортні засоби для доставки до місць годівлі тварин.

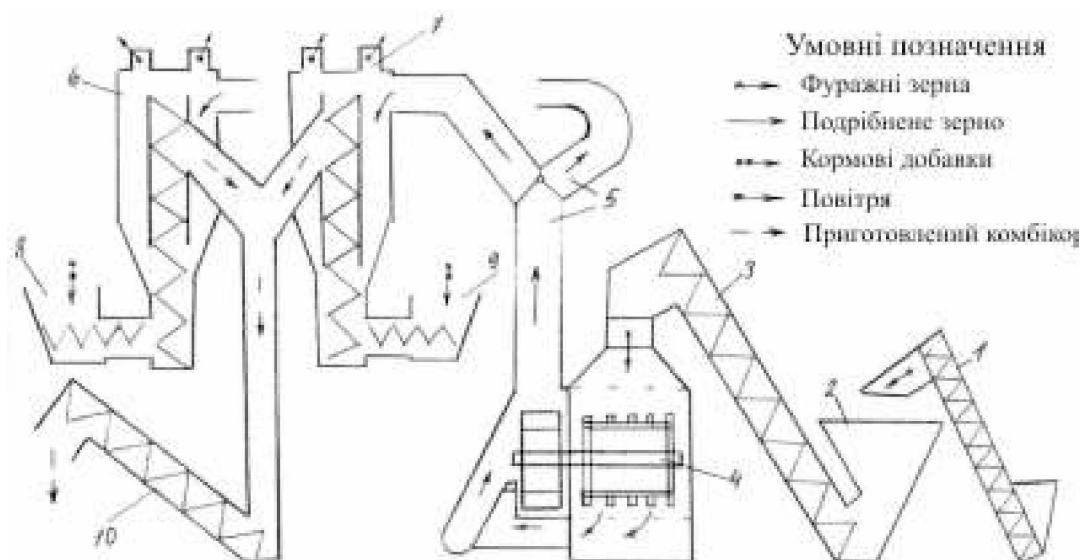


Рис. 1.9. - Технологічна схема малогабаритного комбікормового агрегату ОВК-2. 00. 000.

Технологічний процес здійснюється в такий спосіб: фуражне зерно завантажується в бункер 2 за допомогою завантажувального конвеєра 1. Після заповнення бункера зерном, воно подається конвеєром 3 у дробарку 4, де подрібнюється і по трубопроводах 5 за рахунок повітряного напору, що створює дробарка, подається в змішувачі 6, 7. У живильники 8, 9 засипаються добавки, що потім мішаються із здрібненими зерновими компонентами. Вивантаження відбувається вивантажувальним конвеєром 10.

Поряд із МКУ вітчизняного виробництва, на Україні досить широко експлуатуються установки, які випускаються за рубежом.

Так у НПО «Белсільгоспмеханізація» розроблений, випробуваний і поставлений на виробництво малогабаритний комбікормовий агрегат К-Н-5-1 (рис. 1.10), який призначений для готування розсипних комбікормів і кормових сумішей в умовах господарств із власного зернофуражу з введенням у їхній склад промислових БВД, мінеральних збагачувальних домішок і преміксів. Комплект включає блоки дозування 1, 7, 6-відповідно зернових компонентів, БВД і трав'яної муки, змішувач-дозатор 4, дробарку 8 (ДБ-5-1), живильники 9 концкормів (ПК-6А), пульт керування 3, бункер-дозатор 2 преміксів і змішувач 5, встановлений на випускному патрубку вивантажувального шнека дробарки.

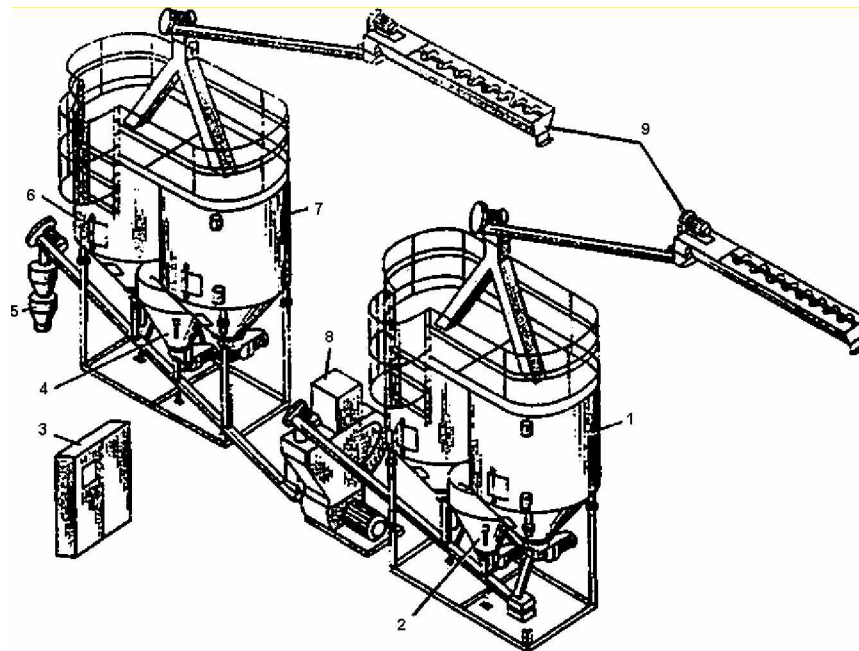


Рис. 1.10. Технологічна схема малогабаритного комбікормового агрегату К-Н-5-1.

Технологічний процес полягає в наступному.

При роботі устаткування зернові компоненти заданого рецепта завантажуються одним із живильників у блок дозування 1. Після заповнення бункера живильник відключається по сигналу датчика верхнього рівня.

Одночасно іншим живильником у блоки дозування 7 і 6 подаються БВД і трав'яна мука. У змішувач-дозатор 4 вручну в потрібному співвідношенні засипають компоненти збагачувальної добавки, а в бункер-дозатор 2 – премікс. Всі дозатори встановлюють на потрібну норму видачі. Зерно подрібнюється в дробарці ДБ-5-1. Змішування здрібнених зернових компонентів, БВД, трав'яної муки, преміксів і збагачувальних добавок відбувається у вивантажувальному шнеку дробарки і змішувача. Готовий комбікорм вивантажується у транспортний засіб або у накопичувальний бункер готової продукції.

Продуктивність комплексу комбікормового устаткування К-Н-5-1 складає 2-5 т/год при числі вихідних компонентів не менше 6, встановлена потужність - до 50 кВт. Обслуговує комплект один оператор.

Відомі зарубіжні фірми “Крамер”, “Бушхофф”, “Хмелін” і “Рако” (Німеччина), “Гейл” (США), “Скьолд” (Данія), “Супрол” (Польща) та інші також випускають широку гаму таких машин. Їх можна поділити на три основних групи: стаціонарні комбікормові агрегати з приводом від електродвигуна, причіпні мобільні, що агрегуються з тракторами і самохідні малогабаритні на шасі автомобіля. Кожна група передбачає певну організацію робіт при виробництві комбікорму.

МКУ першої групи встановлюють, як правило, в наземних складах, де зберігається зернофураж. Така схема характерна для господарств Західної Європи.

Агрегати другої групи використовують, коли окремі види зернофуражу зберігаються в різних сховищах. До них по черзі під'їжджає агрегат, завантажує необхідну кількість зерна, подрібнює і готує комбікорм. Така організація характерна для фермерських господарств США.

Мобільні комбікормові агрегати на шасі автомобілів використовують у випадках, коли господарство має зернофураж, і не має відповідного обладнання і вважає за недоцільне везти зернофураж на великий комбікормовий завод. Такий агрегат по черзі об'їжджає господарства і на місці готує комбікорм.

Стаціонарні малогабаритні комбікормові агрегати виробництва фірм “Супрол”, “Крамель”, “Хімель”, “Скьолд” та ін., мають завантажувальний механізм, накопичувальний бункер, подрібнювач, бункер-змішувач а також бункер для БВМД.

Так стаціонарний комбікормовий агрегат “Мишко” (рис. 1.11) працює так. У накопичувальний бункер завантажують компоненти суміші. З нього вентилятор подає зернофураж у дробарку, яка подрібнює його і по трубопроводу спрямовує в бункер – змішувач. Відпрацьоване повітря через тканий фільтр надходить у приміщення. Компоненти суміші, які не потребують подрібнення, і БВМД завантажують у приймальний бункер добавок, а потім у бункер-змішувач. Готовий комбікорм засипають у мішки.

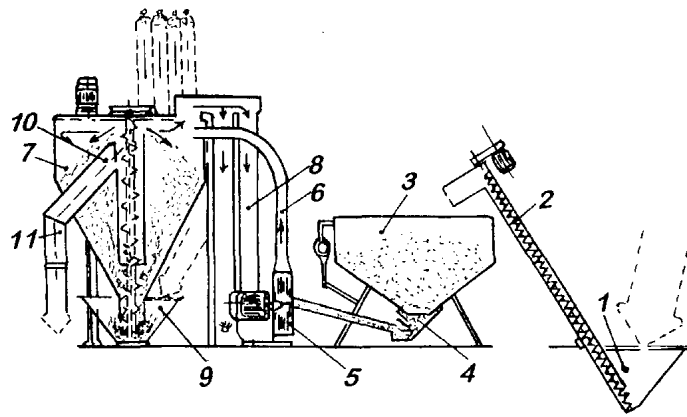


Рис. 1.11. Технологічна схема малогабаритного комбікормового агрегату “Мишко” фірми “Супрол” (Польща):

1 - приймальний бункер завантажувального шнека; 2 - завантажувальний шнек; 3 - накопичувальний бункер; 4 - дозатор пневматичний; 5 - молоткова дробарка; 6 - пневмотрубопровід; 7 - бункер-змішувач; 8 - уловлювач; 9 - воронька для подрібнених компонентів, 10 - заслінка вивантажувального патрубка; 11 - вивантажувальний патрубок.

Заслуговує на увагу також польський малогабаритний агрегат конструкції ІБМЕР (рис. 1.12). Він включає приймальний бункер, завантажувальні норії, ємності для зернофуражу, дробарку, ємності для подрібнених компонентів і змішувач. Для приготування комбікорму спочатку зернофураж завантажують у приймальний бункер норії, звідки його подають в одну із половин наддробильного бункера. Потім зерно надходить у молоткову дробарку, яка подрібнює його і транспортує в іншу ємність, обладнану дозуючим вивантажувальним пристроєм і розташованим над горизонтальним змішувачем. З них зернофураж надходить у бункер-змішувач, встановленого на тензометричних вагах. За допомогою останніх певну кількість кожного компоненту завантажують у змішувач, який і готує комбікорм.

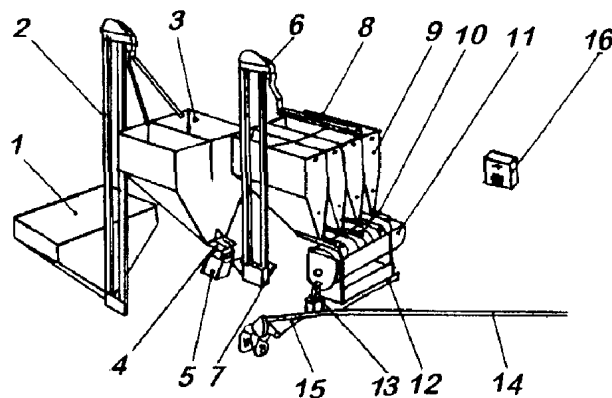


Рис. 1.12. Малогабаритний комбікормовий агрегат “ІБМЕР” (Польща):

1 - приймальний бункер для зернофуражу; 2 і 6 - норії; 3 - бункер; 4 і 13 - шибери; 5 - дробарка, 7 - приймальний ківш для подрібнених компонентів; 8 - розподільний транспортер; 9 - бункери компонентів; 10 - дозатор; 11 - змішувач; 12 -

ваговий пристрій; 14 - роздавач готових кормів; 15 - вивантажувальний шнек; 16 - пульт керування.

Причипний малогабаритний комбікормовий агрегат МХ-170 (рис. 1.13) фірми "Гейл" (США) складається зі сниці, дробарки, завантажувального бункера-змішувача, приймального бункера для добавок, шнека транспортера тюків сіна, вивантажувального шнека і механізму привода, який діє від ВВП трактора. Працює агрегат так. Трактор під'їжджає до сховищ фуражу, який спочатку подається у бункер завантажувального шнека, а звідти – в молоткову дробарку, де суміш перемелюють і транспортують у бункер-змішувач. Кількість зернофуражу для підготовки партії комбікорму встановлюють по мітках на мірному склі. Білково-вітамінні або мінеральні добавки подають у бункер через приймальну воронку, минаючи дробарку. Сіно, в разі потреби, подають скребковим конвеєром, де воно подрібнюється і надходить у бункер-змішувач. Коли завантажили відповідно за рецептом усі компоненти, їх перемішують і вивантажують у сховище для тимчасового зберігання комбікорму у бункери або мішки. Бункер місткістю 3,7 м³ циліндричної форми з конічною нижньою частиною з трьох боків обладнаний оглядовими вікнами з мітками, що дає змогу контролювати кількість корму, що завантажується. Бункер на замовлення можна встановити на електронних вагах, які з точністю до 1 кг зважують компоненти корму.



Рис. 1.13. Причипний малогабаритний комбікормовий агрегат "МХ-170" фірми "Гейл" (США).

Молоткова дробарка має ширину ротора 533 мм і 66 шарнірно підвішених молотків, обладнана набором решіт та магнітним уловлювачем металевих предметів. Для дистанційного керування вивантажувальним шнеком агрегат МХ-170 має електронний пульт, який змонтовано у кабіні трактора. Заміну решіт здійснюють практично миттєво, використовуючи два кронштейна. На агрегаті встановлено власну гідропомпу продуктивністю 40 л/хв, яка працює незалежно від гідросистеми трактора і забезпечує гідропривід завантажувальним шнеком при їх максимальному завантаженні. Для

подрібнення тюків сіна або соломи він обладнаний молотковим подрібнювачем, який переминає за 1 хвилину 4 – 5 малогабаритних тюки.

Самохідні комбікормові агрегати також виробляють німецькі фірми “Хмелін” та “Бушхофф” (рис. 1.14). Вони подібні за конструкцією, монтують їх на спеціальних шасі автомобіля типу КамАЗ, на якому розміщують бункер-змішувач, молоткову дробарку і плющилку, всмоктувальну пневмосистему для завантаження зернофуражу, вивантажувальний шнек, бункер для приймання БВМД, механізм привода, конвеєрні ваги. Таки агрегати можуть приготувати за годину 5 – 8 т комбікормів. Для завантаження зернофуражу їх обладнують всмоктувальною пневмосистемою продуктивністю 8 – 14 т/год.

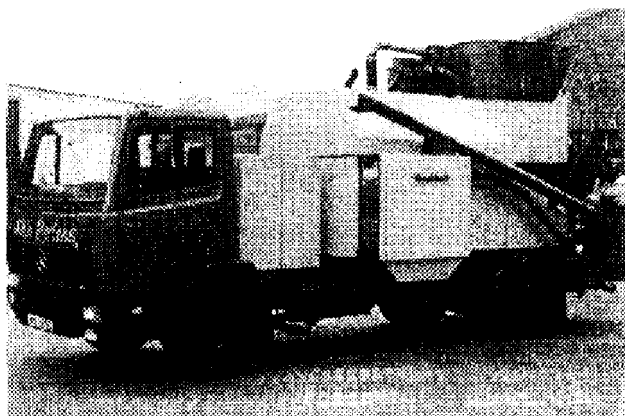


Рис. 1.14. Автомобільний малогабаритний комбікормовий агрегат “АФМ 993 Q” фірми “Бушхофф” (Німеччина).

Вивантажують готовий комбікорм за допомогою шнека за 7-10 хв, або пневматичної системи за 8-12 хв. Дальність подавання комбікорму шнеком сягає 6 м, висота – 5,2 м, може повертатись на 250°. ширина камери молоткової дробарки 533 мм, кількість молотків – 40-60 або 72 штуки, обладнані змінними решетами, замінити які можна за 30 секунд.

Мобільний комбікормовий агрегат здійснює технологічний процес в такій послідовності. Спочатку під'їжджає до складу зернофуражу і добавок. Всмоктувальним трубопроводом зерно завантажують у дробарку або плющилку, де його подрібнюють, а потім подають пневмосистемою до бункера-змішувача. Туди ж через приймальний бункер добавок спрямовують БВМД. Після завантаження компоненти змішують, а готовий комбікорм залишають у призначеній для тимчасового зберігання ємності. Як правило, в самохідних агрегатах передбачена система для всмоктування і дозованого подавання соєвої олії. Паливний бак агрегату розрахований на приготування 60 тонн комбікормів. Річна продуктивність – 6000 – 10000 тон.

Також на деяких сільськогосподарських підприємств діють кормоцехи з повним технологічним циклом та спрощеною технологічною схемою, прикладом якої можуть бути кормоцехи на базі комбікормового агрегату ОЦК-4, застосування якого дозволяє повністю

механізувати прийом вихідних кормових компонентів, очищення їх від домішок, дозування, подрібнення, змішування та видачу готового продукту. В основу технологічного процесу агрегату ОЦК-4 покладено принцип автоматичного вагового дозування та порційного змішування компонентів, що забезпечує якісне приготування комбікормів. Технічна характеристика агрегату ОЦК-4 приведена в табл. 1.7.

Таблиця 1.7

Технічна характеристика комбікормового обладнання ОЦК-4.

Показник	Значення
Продуктивність, т/г	4
Встановлена потужність, в тому числі дробарки, кВт	210 65
Кількість вихідних компонентів	14
Тип дробарки	ДБ-5
Тип дозування	Ваговий
Маса, кг	13500
Обслуговуючий персонал	2

Таким чином, проведений аналіз існуючих комбікормових агрегатів показав досить широкі їхні можливості стосовно виготовлення комбікормів в умовах господарств.

1.4. Стан автоматизації процесів комбікормової промисловості.

Процес виробництва комбікормів являє собою відносно складну багатомірну систему з безліччю збурюючих впливів, як з боку технологічного й електросилового устаткування, унаслідок флуктуації живильної напруги, зносу робочих органів подрібнюючих механізмів і ін., так і з боку потоків вихідних компонентів і готової продукції, як сипучих середовищ, природою яких обумовлене зростання випадкової похибки величин показників якості комбікормів на 10-15 % при роботі об'єкта в нестабілізованому режимі. Це рівною мірою можна віднести як до промислових загальнодержавних і міжгосподарських комбікормових заводів, так і до ліній, побудованих на базі малогабаритних комбікормових установок і призначених для приготування комбікормів в умовах господарств.

Відомо, що сучасний державні і ряд міжгосподарських комбікормових заводів за рівнем виробництва є високотехнологічними комплексами, автоматизація яких виконана переважно на рівні комп'ютерних технологій. У процесі розвитку ці підприємства пройшли наступні рівні організації керування:

- комплексна автоматизація;

- повна автоматизація на рівні систем автоматичного регулювання (САР) і управління (САУ);
- дистанційне автоматичне управління (ДАУ);
- система дистанційного автоматичного керування (СДАУ);
- автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП);
- інтегровані автоматизовані системи управління (ІАСУ).

Комплексна автоматизація припускає механізацію й електрифікацію всіх технологічних операцій і автоматизацію деяких з них. Даний режим передбачає обов'язкову участь у процесі управління операторів, до функцій яких також входить узгодження роботи окремих машин і технологічних ліній.

Режим повної автоматизації на рівні САР і САУ передбачає роботу об'єкта в автоматичному режимі без участі оператора. Однак технічне забезпечення таких систем виконано на звичайних регуляторах, підсилювачах і перетворювачах автоматики, для яких властивий значних дрейф характеристик через флуктуації напруги, старіння елементів і т.д., а, з огляду на те, що таких елементів у системі нараховується кілька сотень, а може і тисяч, то забезпечити необхідну точність і надійність функціонування таких систем практично неможливо.

Подальше розширення й ускладнення комбікормового виробництва привело до створення систем на рівні ДАУ. У цьому випадку здійснюється централізоване дистанційне автоматизоване управління виробництвом із загального пульта. У системах ДАУ рішення по управлінню в основному приймає оператор (диспетчер). Однак, у зв'язку із напруженим режимом роботи оператора, значною інформаційною складністю пульта управління, у даних системах можливі помилкові рішення суб'єктивного характеру (в основному через перевтому чи неуважність диспетчера), що найчастіше приводить до неоптимальних режимів роботи устаткування, спізнілому реагуванню на сигнали вимірювальних перетворювачів, неправильному вибору маршрутів руху вихідних компонентів і готової продукції, а також не запобігає тривалій роботі устаткування на холостому ході.

Наступний розвиток ДАУ привів до оснащення диспетчерського пульта оператора ЕОМ, за допомогою якої були автоматизовані деякі функції розрахунку, а також збереження і переробки інформації. Такі системи одержали класифікацію СДАУ, які, по-суті, продовжували виконувати функції ДАУ. Поява таких систем стала можливою внаслідок того, що після зародження ринкових відносин, Україні, як і іншим країнам СНД, став доступний ринок сучасних інформаційних технологій з їхньою технічною базою - ЕОМ. Це дозволило галузевим НДІ і приватним фірмам, що з'явилися, досить оперативно переорієнтуватися на нову техніку. Відносна дешевизна і надійність нових технічних засобів, їхня естетичність, і, головне, на перших етапах – можливість фінансування робіт з централізованих джерел, дозволило

впроваджувати системи у виробництво. Але, так як перелік їхніх функцій практично залишався тим самим, а скорочення чисельності штатного персоналу після введення таких систем в експлуатацію не проводилося, то, природно, що нові системи виконували в основному декоративну, а не економічну функцію. А основним “досягненням” такої “комп'ютеризації” було дублювання щита з мнемосхемами на екранах моніторів ЕОМ. Це продовжило екстенсивний шлях розвитку автоматизації з усіма негативними його наслідками.

Однак, при подальшому значному підвищенні вимог до параметрів технологічних процесів комбікормових підприємств, коли необхідні показники точності управління значно зросли, виникли передумови розробки систем на рівні комп'ютерних технологій, тобто створення автоматизованих комплексів (АТК) на рівні АСУТП. Розвинута структура керування таких систем дозволила забезпечити на державних комбікормових заводах ефективне управління наступними основними і допоміжними операціями:

- приймання, збереження вихідної сировини і відпуску готової продукції;
- організація транспортно-маршрутних операцій;
- дозування, здрібнювання і змішування компонентів;
- узгодження функціонування складових автоматизованого технологічного комплексу.

Поряд з функціями АСУТП, на сучасних державних комбікормових підприємствах також розвивалися функції автоматизованих систем управління виробництвом (АСУВ), які вирішують задачі комп'ютерної автоматизації процесів організації виробництва (кадри, постачання, збут і т.д.). Такі системи, що включають приблизно в рівних частках функції АСУТП і АСУВ класифікуються як ІАСУ, на рівні яких функціонують багато сучасних державних підприємств галузі.

Як і для великих промислових комбікормових підприємств, технологічні процеси на базі МКУ також пройшли певні етапи автоматизації: від автоматичного контролю окремих параметрів до автоматизованих систем на рівні комп'ютерного управління.

До першої групи відносяться випущені промислові установки УМК-Ф-2, АКМ-1, АКН-1М, К-Н-5-1, АWF-4, які широко експлуатуються в даний час, системи управління якими багато в чому схожі і здебільшого включають автоматизацію лише допоміжних і деяких основних операцій, а саме:

- верхній і нижній рівні вихідних компонентів і готової продукції;
- подача вихідних компонентів;
- струм навантаження двигуна приводу дробарки;
- вологість і засміченість вихідних компонентів і готової продукції.

У цих лініях застосоване об'ємне дозування компонентів, а

досвід виробництва комбікормів із застосуванням об'ємних дозаторів (барабанні, тарілчасті, шнекові й ін.) показує, що припустима похибка залежить від процентного вмісту компонента, що вводиться, а саме:

- менш 1 % компонента - похибка не більш ± 30 %;
- від 1 % до 10 % компонента - похибка не більш ± 20 %;
- більш 10 % компонента - похибка не більш ± 10 %.

При таких похибках навіть теоретично неможливо одержати збалансований комбікорм. До того ж фактична похибка буде набагато більшою, тому що знаходиться в повній залежності від змінної величини насипної маси компонента і нестабільної роботи живильних (наддозаторних) бункерів. Крім того, при припиненні витікання сировини через можливе сводоутворення, об'ємні дозатори працюють вхолосту, не переміщаючи компонент, і тоді похибка збільшується до 100 %. Таким чином, у процесі виробництва, використовуючи об'ємні дозатори, навіть при досить чіткій роботі системи автоматизації, не представляється можливості одержати комбікорм у заданих за рецептом пропорціях. Також недоліком даної групи МКУ є недостатньо якісне змішування компонентів, що призводить до недостатньої однорідності готового комбікорму.

Для наступної групи МКУ, таких як БМКА-1-01, КА-4, ОКЦ-4, ОКЦ-8, "Ніагара", Мишко («Супрол») і деяких інших, застосоване вагове дозування інгредієнтів. Причому кожен компонент попередньо подрібнюється і подається з використанням принципу вагового дозування в загальний змішувач, де суміш змішується, як правило, механічним шляхом і одержується порція готового комбікорму. Недоліком цього класу установок є послідовне введення компонентів і порційність готування комбікорму. Цей недолік частково усунутий у МКУ АКМ-1, що має дві робочі секції змішування, при роботі однієї з яких здійснюється завантаження другої. В результаті подальшого удосконалювання систем управління комбікормовими лініями на базі МКУ, був запропонований цілий ряд розробок на рівні АСУТП (МХ-170 «Гейл», АФМ 993 Q «Бушхофф», I-Star, RVOF12, 10/FSD, Веда та деякі інші).

Так, наприклад, малогабаритна установка Sudenga фірми I-Star Industries Inc. (США), призначена для готування комбікормів безпосередньо у фермерських господарствах і відрізняється оригінальним устроєм дозування і змішування. Програму роботи і роботу автоматики контролює вмонтована серійна мікроЕОМ моделі STR-2000. Установка включає подрібнювач зерна і проміжний бункер для продуктів здрібнювання, живильник компонентів, горизонтальний змішувач із ваговим пристроєм, механізм вивантаження і комп'ютеризовану систему. Подрібнювач фуражного зерна складається з двох вальцьових дробарок: одна - для здрібнювання зерна кукурудзи, інша - ячменя, пшениці, вівса. Кожна дробарка обладнана з урахуванням специфіки фуражу, що переробляється, відповідними вальцями,

колосниками і магнітами. Відповідно і проміжний бункер має два відділення: об'ємом 1м - для здрібноної кукурудзи і 1,6 м³ - для дрібного зерна. Кожне відділення обладнане електронним датчиком управління впускною заслінкою. Змішувач ємністю 1000 кг змонтований на тензOMETричних елементах, що спрощує реєстрацію компонентів, які подаються у змішувач послідовно заданими порціями, де вони перемішуються при одночасному зважуванні. Готовий комбікорм подається у вивантажувальний пристрій. Робочий орган змішувача (шнек-мішалка) виконаний у виді горизонтального вала з лопастями, що розташовані на гвинтовій лінії. На кінцях лопастей, для повного перемішування компонентів і очищення внутрішньої поверхні змішувача від налиплого продукту, змонтовані гумові щітки у формі педалей. На валу встановлені також по спіралі дві металеві стрічки: одна з кроком, рівним кроку гвинтової лінії лопастей, інша (меншого розміру) - у 1,5 рази більше. Стандартне виконання установки передбачає 2 моделі: для готування кормових сумішей із 8 компонентів і з 16. Для контролю й управління технологічним процесом використана мікроЕОМ, у пам'яті якої зберігається до 100 варіантів рецептури комбікормів, їхні компоненти, норми дозування й інші параметри. Комп'ютер виявляє відхилення в роботі установки, порушення якості виробленої продукції й у діалоговому режимі через дисплей оповіщає про це оператора. При необхідності систему оснащують принтером для роздруківки показників.

Також заслугоує на увагу АСУТП приготування комбікормів, розроблена ПФ "Веда - Сервіс " (Україна). Дана система являє собою трирівневу структуру: рівень вимірювальних перетворювачів і виконавчих механізмів, нижній рівень управління і верхній рівень. Нижній рівень являє собою розподілену систему управління і збору даних на основі контролерів, що програмуються. Саме контролери в реальнім часі реалізують алгоритм роботи технологічного устаткування, передаючи інформацію про свою роботу, на верхній рівень і одержуючи звітні параметри процесу, що задаються оператором та модулем автоматичного управління. Такий підхід дозволяє одержати швидку реакцію на дії, реалізовані контролером, великі сервісні можливості, надані верхнім рівнем на персональних комп'ютерах. Система відображення може бути як багатотермінальною, так і багатокадровою. Управління АСУТП здійснюється з АРМ оператора і може здійснюватися за допомогою графічного маніпулятора і клавіатури. Дії оператора, що впливають на технологічний процес, протоколюються. Може бути встановлена також система оперативного обліку сировини і готової продукції, на підставі даних якої виробляється розрахунок рецептів (реальні залишки). В цілому система дозволяє скоротити простої за рахунок скорочення часу пошуку несправностей, підвищити ефективність використання устаткування, поліпшити контроль за якістю виробленої продукції.

Таким чином, використання засобів обчислювальної техніки в цих системах дозволило виконувати в автоматичному режимі наступні функції:

- оперативне керування і контроль технологічного процесу відповідно до оптимальної програми, у тому числі операцій по підготовці сировини, дозуванню і змішуванню;
- оперативне керування транспортно-технологічними маршрутами по оптимальних схемах;
- оптимальна подача продукції до ємностей для збереження і реалізації із запам'ятовуванням місць і часу зберігання і видачі;
- безупинний автоматичний контроль роботи технологічного і транспортного устаткування, реєстрація причин аварійних зупинок і тривалості простоїв;
- оперативний облік і реєстрація всієї сировини і готової продукції по видах, якості і терміном надходження, а також облік передачі сировини.

Однак функціонування таких установок здійснюється, в основному, у так званому режимі радника, що вимагає безпосередньої участі оператора в процесі формування і реалізації керуючих впливів. Крім цього, даний клас установок не передбачає контроль цілого ряду параметрів, таких як: вологість і засміченість вихідних компонентів, ступінь однорідності і рівень зараженості готового комбікорму. При незадовільних останніх двох показниках, до складу комбікормової лінії необхідно додатково включати блоки змішування і знезаражування.

Отже проведений аналіз показав, що, якщо автоматизація технологічних процесів на державних комбікормових підприємствах знаходиться на досить високому рівні, що забезпечує одержання якісної продукції, то існуючі лінії, побудовані на базі МКУ, вимагають, з урахуванням умов їхнього функціонування, удосконалення як складу технологічних блоків, так і розширення функцій автоматичних систем управління.

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МКУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Порівнювальна оцінка варіантів автоматизації МКУ.

Автоматизація промислових технологічних ліній приготування комбікормів має досить високий рівень і охоплює практично усі підготовчі і основні операції по заготівлі, завантаженню, багатокомпонентному дозуванню, подрібнюванню, а також відпуску та збереженню вихідної сировини і готової продукції [2, 23]. Разом з тим, лінії приготування комбікормів в умовах фермерських і невеликих колективних господарств, побудовані на використанні малогабаритних комбікормових установок, що випускаються промисловістю переважно країн СНД, у кращому випадку електромеханізовані і мають досить відносну автоматизацію тільки допоміжних операцій, до яких можна віднести режими вмикання-вимикання лінії, контроль верхнього та нижнього рівнів матеріалу в бункерах оперативних і готової продукції, а також (частково) режими роботи електросилового обладнання. У той же час, операції по складанню рецептів комбікормів, дозуванню компонентів, контролю у потоці параметрів якості (крупності, однорідності змішування, зараженості і т.д.) готової продукції, виконуються дуже наближеними методами. Тому, ґрунтуючись на досвіді рішення цих питань на державних і міжгосподарських комбікормових заводах, можна зробити висновок, що оптимізація режимів роботи ліній приготування кормів на базі МКУ можлива лише за допомогою їхньої автоматизації на рівні АСУТП, тобто з використанням комп'ютерних технологій.

Також, слід зазначити, що при автоматизації ліній на базі МКУ необхідно враховувати ті обставини, що ці лінії можуть працювати як автономно, у виді міні - кормоцехів для потреб господарств, так і як підсистеми у складі вже існуючих, наприклад, автоматизованих молочнотоварних ферм, спочатку розрахованих на покупні комбікорми, що готуються на державних комбікормових заводах. Тому, у залежності від характеру роботи такої комбікормової лінії, приймається та чи інша функціональна структура автоматизації МКУ, кожна з яких характеризується своїми особливостями розподілу функцій між ЕОМ і оператором. Розглянемо загальні етапи розвитку систем автоматики, а також проаналізуємо функції оператора у них.

Відомо [4, 16], що найбільш ранньою формою управління технологічними процесами було застосування для цієї мети ручних засобів. Для встановлення рівня керованих параметрів людина користувалася своїми органами почуттів. Операції контролю і впливу на об'єкт цілком ґрунтувалися на рівні сприйняття, інтуїції і досвіді людини-оператора. Виконавши регулювання, він мав можливість спостерігати реакцію об'єкта і, якщо це було потрібно, вносити

поправки. Структурно-функціональна схема даного варіанту показана на рис. 2.1.

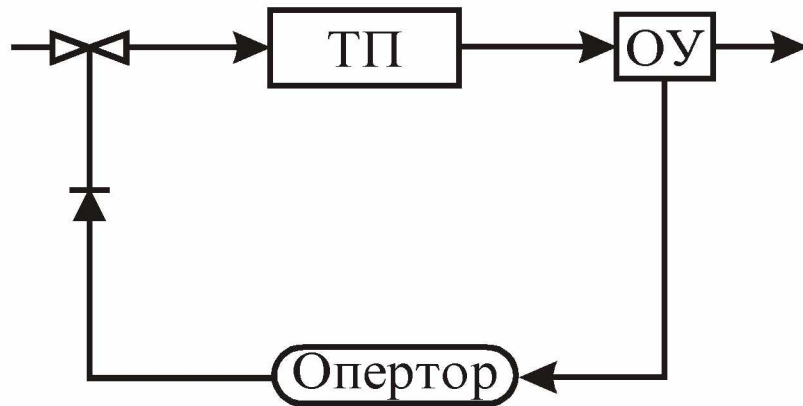


Рис. 2.1. Структурно-функціональна схема системи управління технологічним процесом оператором.

Першою функцією управління, яка була автоматизована, був вимір (рис. 2.2). Вимірювальний прилад (ВП) з індикатором замінив органи почуттів людини і забезпечив швидкі і достатньо точні виміри.

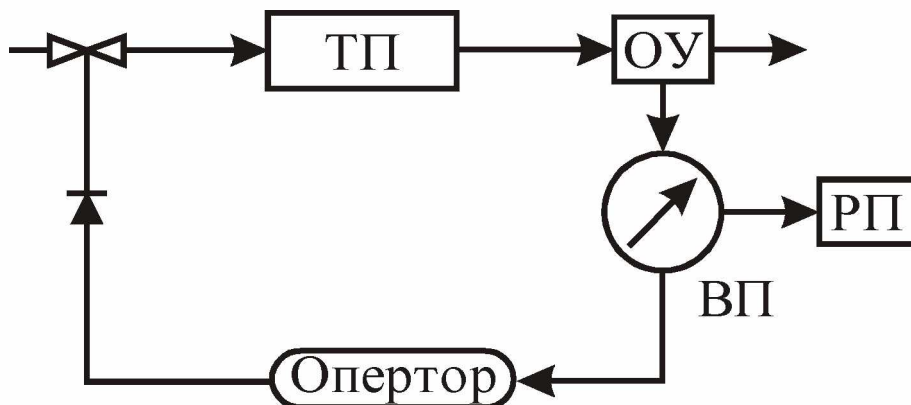


Рис. 2.2. Структурно-функціональна схема системи індикації.

До вимірювального приладу можна підключати також реєструючий прилад РП, який записує динаміку зміни технологічних параметрів. Ці дані можуть бути використані для аналізу ТП, а діаграма часто служить документом у відповідних випадках. Функції оператора при автоматичній індикації зводяться до визначення помилки регулювання і впливу на об'єкт.

Невеликі технічні удосконалення дозволили перейти від автоматичної індикації до автоматичного контролю (рис. 2.3). У цьому випадку оператор одержує інформацію про відхилення технологічних параметрів від заданих значень, що стало можливим за рахунок введення пристрою порівняння (ПП) і задатчика інформації (ЗІ).

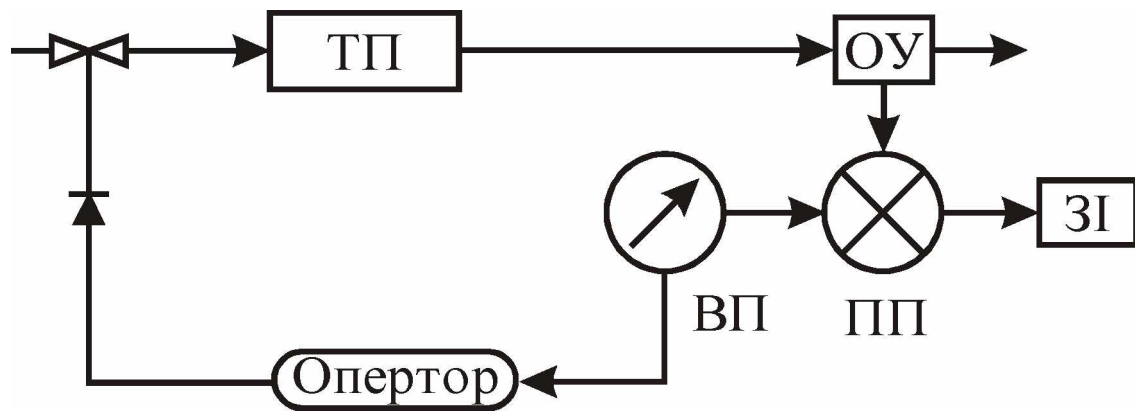


Рис. 2.3. Структурно-функціональна схема системи контролю.

У масштабах виробництва, яке складалося з окремих незалежних локальних технологічних процесів, найбільш поширеною структурою була організація однорівневої децентралізованої системи контролю і управління (рис.2.4).

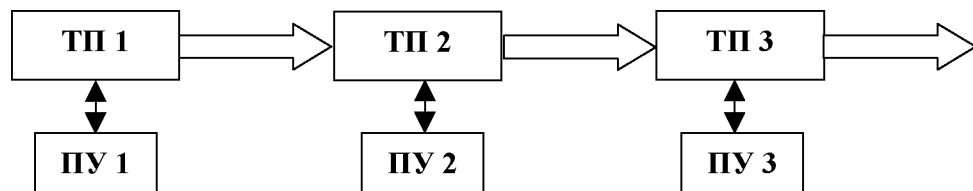


Рис. 2.4. - Структурно-функціональна схема однорівневої децентралізованої системи управління.

У таких системах кожна виробнича ділянка має індивідуальний пункт управління (ПУ), оснащений або індикаторними реєструючими приладами, або регуляторами, що створюють локальні системи регулювання. Такі системи обслуговуються або постійними операторами, або одним оператором, що працює в режимі обхідника.

В міру ускладнення технологічних процесів, підвищення швидкості їх протікання, збільшення числа контролюючих і регульованих параметрів, з'явилася необхідність здійснити контроль і керування окремими параметрами з центрального пульта. Варіант такої системи подано на рис. 2.5. Функціонує вона таким чином.

Параметри технологічного процесу вимірюються вимірювальними перетворювачами (ВП), частина сигналів яких передається локальним регуляторам (ЛР), що впливають на процес через виконавчі механізми ВМ. Сигнали параметрів, які потрібно контролювати постійно, надходять до групи індикаторних реєструючих приладів РП1. Інші сигнали подаються на комутатор К, керування яким здійснюється або програмним пристроєм ПР, що підключає по черзі через задані інтервали часу до індикаторного приладу РП2 сигнали визначених ВП, або оператором з пульта управління (ПУ).

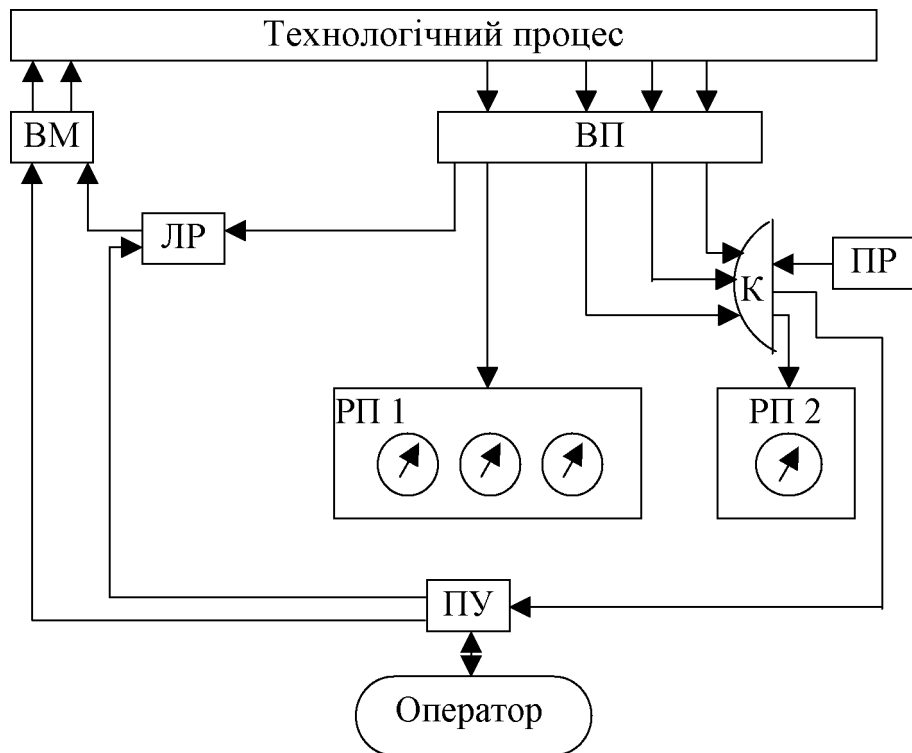


Рис. 2.5. Структурно-функціональна схема централізованої системи.

Таким чином, тенденція централізації управління призвела до створення систем, які прийнято називати системами централізованого контролю, функції яких наступні:

- безупинний або періодичний вимір поточних параметрів і перевірка відповідності заданим значенням;
- вимір параметрів за викликом оператора;
- реєстрація параметрів процесу;
- сигналізація про аварійні ситуації;
- дистанційний вимір оператором уставок локальних регуляторів;
- оперативний зв'язок оператора з технологічними ділянками.

Подальше інтенсивне ускладнення і збільшення масштабів промислового виробництва, що відбулося останнім часом, призвели до різкого ускладнення функцій управління, що у свою чергу викликало необхідність створення автоматизованих систем АСУТП на базі ЕОМ, котрі якісно змінили форму й ефективність управління. АСУТП відрізняються від систем централізованого контролю більш широким діапазоном автоматичних функцій управління.

Для сучасних комп'ютерних систем характерні п'ять основних режимів функціонування, а саме:

- збору й обробки інформації;
- радника;
- супервізорного;
- безпосереднього цифрового управління;
- багаторівневі системи.

Для перших двох режимів функціонування АСУТП МКУ здійснюється у відповідності зі структурно-функціональною схемою, яка представлена на рис. 2.6.

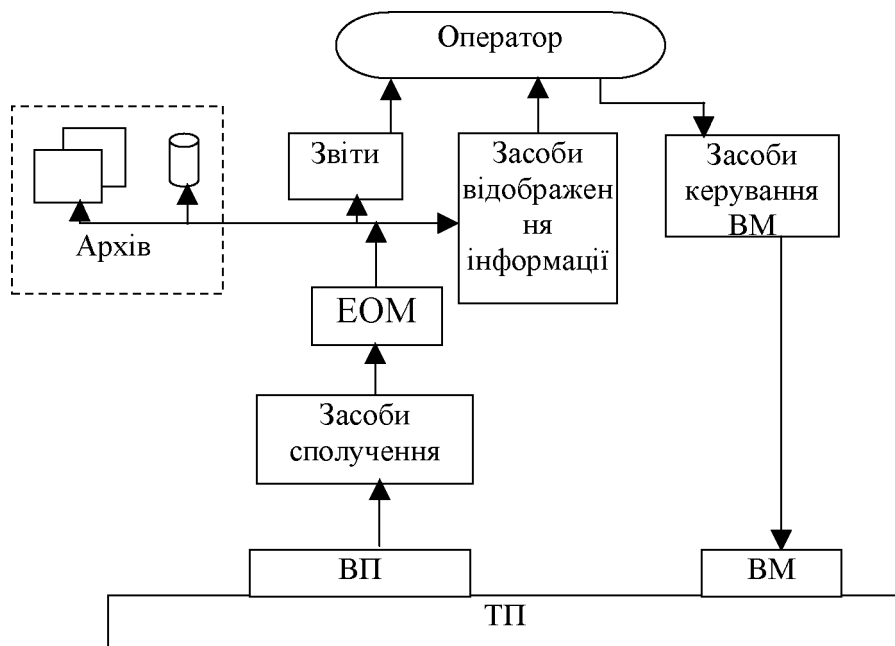


Рис. 2.6. Структурно-функціональна схема АСУТП для режиму збору та обробки інформації і радника.

При роботі системи у режимі збору та обробки інформації, параметри процесу вимірюються пристроями ВП, перетворюються в цифрову форму спеціальними засобами сполучення і вводяться до ЕОМ. Після обробки в ЕОМ оперативна інформація про хід процесу надходить на засоби відображення, статична інформація, яка складається з техніко-економічних і технологічних показників, друкується у виді звіту, а дані, що використовуються в подальших розрахунках, фіксуються на машинних носіях. Керуючі команди при цьому формує оператор і реалізує їх через засоби керування виконавчими пристроями.

У системах-радниках дані про технологічний режим надходять через засоби відображення інформації у вигляді рекомендацій оператору, який враховує їх при прийнятті кінцевого рішення. Ці рекомендації являють собою синтезований ЕОМ варіант управління з визначенням відповідних керуючих впливів та значень уставок локальних регуляторів.

У таких системах крім збору й обробки інформації, додатково виконуються наступні функції:

- визначення раціонального технологічного режиму за окремими технологічними параметрами, або по усьому процесу в цілому;
- визначення керуючих впливів за усіма, або окремими керованими перемінними;
- визначення значень уставок локальних регуляторів, якщо вони є.

Системи збору й обробки інформації і радника застосовується у тих випадках, коли потрібний обережний підхід через невизначеності у математичному описі складного об'єкта і остаточне рішення повинен приймати оператор.

Принцип функціонування АСУТП МКУ у супервізорному режимі являє собою дворівневу ієрархічну систему (рис. 2.7), причому нижній рівень управління, безпосередньо зв'язаний із ТП, реалізують локальні регулятори Р. На верхньому ж рівні встановлена ЕОМ, основною функцією якої є визначення оптимальних параметрів технологічного процесу та розрахунок на їх основі значень уставок локальних регуляторів. Супервізорний режим призначений для управління динамічно повільними процесами.

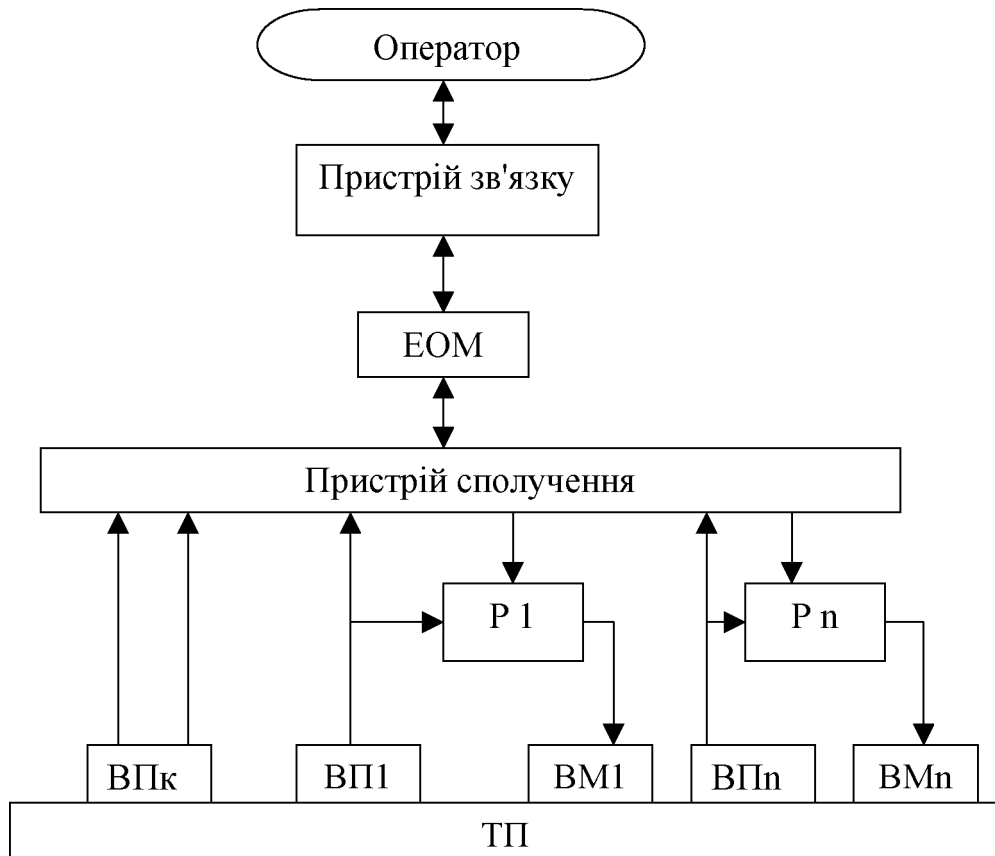


Рис. 2.7. Структурно-функціональна схема АСУТП супервізорного режиму.

Нижній рівень управління, який безпосередньо зв'язаний із ТП, реалізують локальні регулятори Р окремих технологічних параметрів. На верхньому рівні встановлена ЕОМ, основною функцією якої є визначення оптимального технологічного режиму й обчислення на його основі значень установок локальних регуляторів. Вхідною інформацією для розрахунку уставок є значення керованих параметрів, що вимірюються пристроями ВПк, а також контрольовані параметри стану процесу, що вимірюються перетворювачами ВПп. Оператор з пульта має можливість вводити додаткову інформацію, зокрема змінювати обмеження на керовані і керуючі величини, уточнювати критерій управління в залежності від зовнішніх умов. Супервізорний режим дозволяє здійснювати автоматичне управління ТП. Роль оператора

зводиться до спостереження за процесом і, у разі потреби, до внесення корегувань.

У разі неможливості функціонування системи в супервізорному режимі, застосовують режим безпосереднього цифрового управління, який призначений для управління динамічними процесами і при якому керуючі команди передаються до виконавчих пристроїв безпосередньо від ЕОМ (рис. 2.8).

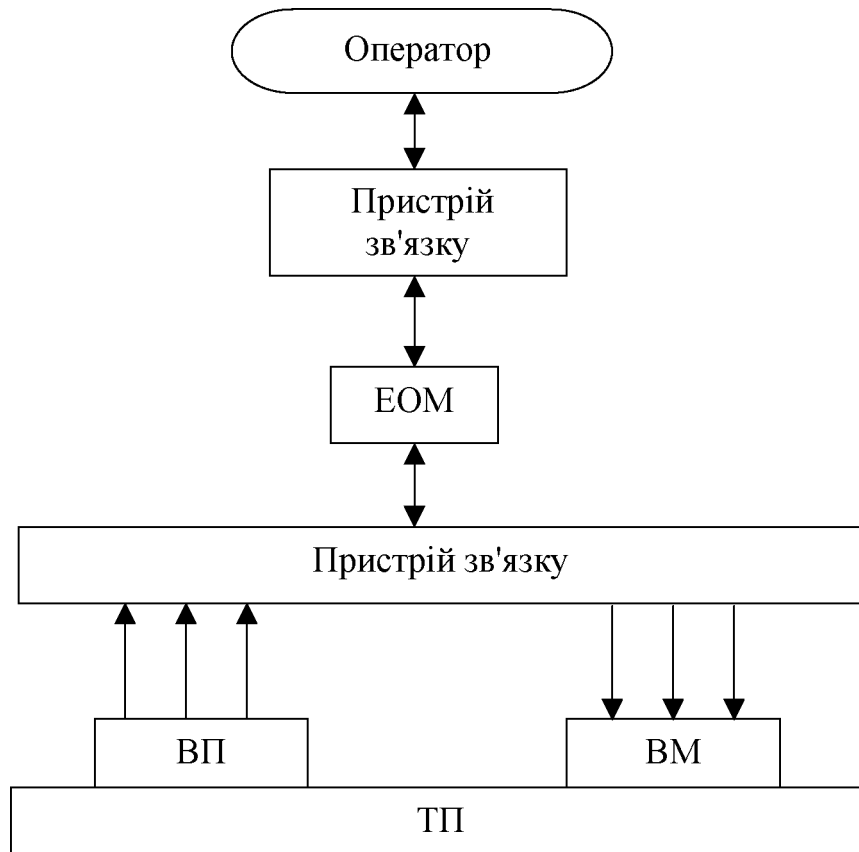


Рис. 2.8. Структурно-функціональна схема АСУТП для режиму безпосереднього цифрового управління.

Для випадків, коли однорівневі структури АСУТП не забезпечують необхідного режиму функціонування складного об'єкта, то систему управління будують як багаторівневу - у вигляді окремих підсистем, між якими встановлені ієрархічні відношення. Наприклад, варіант трьохрівневої АСУТП має наступну схему, що показана на рис. 2.9.

Функції управління тут розподілені по рівнях. Наприклад, 1-й рівень складається із систем, що безпосередньо управляють ТП. Другий рівень складають дві підсистеми розрахунку і оперативного корегування режимів технологічних операцій. Третій рівень узагальнює всю інформацію з об'єкта і вирішує задачу розрахунку і управління для процесу в цілому.

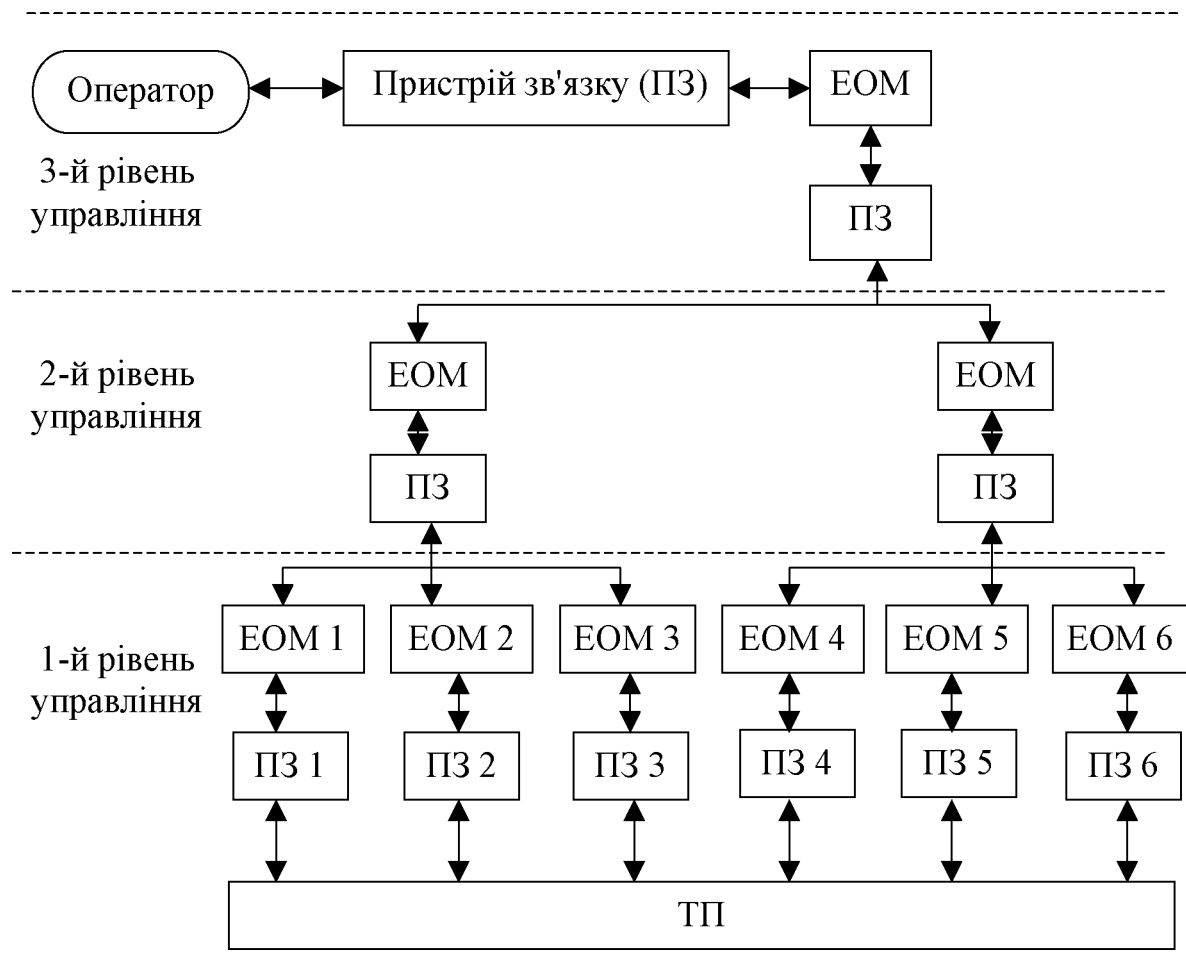


Рис. 2.9. Структурно-функціональна схема багаторівневої ієрархічної системи.

Таким чином, слід зазначити, що досить широкий спектр технологічних схем і можливостей існуючих комбікормових установок, потребує застосування практично усіх розглянутих режимів функціонування. А це, у свою чергу, обумовлює ті обставини, що для їхньої автоматизації, у кожному конкретному випадку, повинна розроблятися своя САУ або АСУ, що являється досить дорогими і технічно невиправданими заходами. Тому має сенс зробити спробу синтезу деякої узагальненої моделі МКУ, що включала б більшість технологічних ознак і можливостей існуючих установок, із наступним її аналізом як об'єкта автоматизації та розробкою універсальної гнучкої комп'ютерної системи управління.

2.2. Синтез і аналіз узагальненої структури малогабаритної комбікормової установки (УМКУ).

З метою зручності аналізу технологічних комбікормових ліній на базі багаточисельних МКУ, як це вже було зазначено вище, є доцільним синтезувати деяку узагальнену установку, яка включала б більшість

операцій і аналіз якої як об'єкта автоматизації, дозволив би одержати деяку загальну оцінку параметрів якості функціонування цього класу машин, а також синтезувати відповідну універсальну систему управління [7].

Така узагальнена МКУ повинна "готувати" усі види комбікормів з урахуванням кон'юнктури сировини і готової продукції, забезпечувати випуск комбікормів достатньої кормової цінності, переробляти усі види сировини з урахуванням використання місцевої сировинної бази. Технологічна схема такої УМКУ повинна мати велику гнучкість і надійність. Рішення поставленої задачі можливе з використанням відомого принципу модульної побудови технологічних виробництв [14]. У якості модулів обрані ті основні технологічні операції, які мають місце у названих вище малогабаритних комбікормових установках, а саме: очищення і завантаження вихідних зернових компонентів в оперативні бункера, рецептурне дозування і здрібнювання інгредієнтів, знезаражування, відпуск готової продукції та ін.

Такі типові технологічні модулі основних операцій малогабаритних комбікормових установок показані на рис. 2.10.

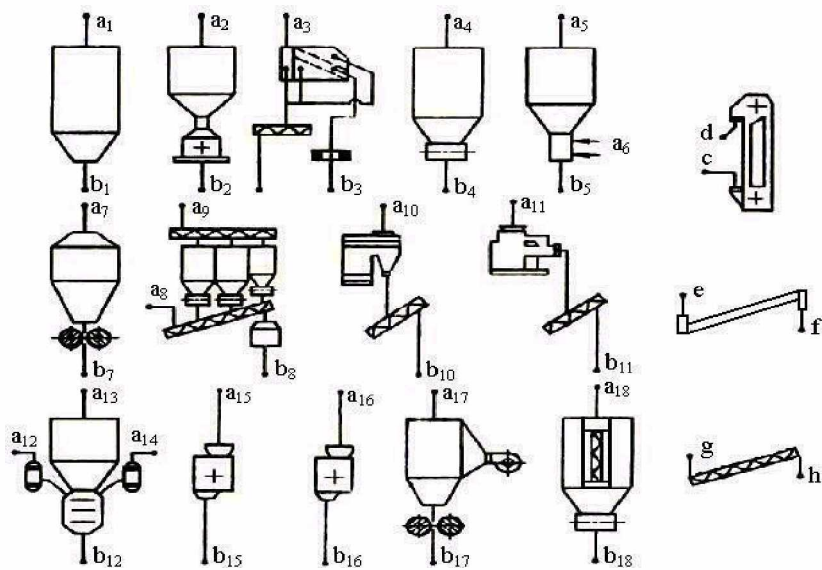


Рис. 2.10. Технологічні модулі малогабаритних комбікормових установок:

a1b1 - модуль збереження; a2b2 - модуль здрібнювання; a3b3 - модуль очищення; a4b4 - модуль однокомпонентного дозування; a5a6b5 - модуль пропарювання; a7b7 - модуль плющення; a8a9b8 - модуль багатоконпонентного дозування і змішування; a10b10 - модуль гранулювання; a11b11 - модуль екструдювання; a12a13a14b1 - модуль введення рідких компонентів; a15b15, a16b16 - модулі мікроіонізації та НВЧ-обробки зернової сировини; a17b17 - модуль охолодження; a18b18 - модуль змішування з дозуванням; cd - транспортуюча норія; ef - пневмотрубопровід; gh - гвинтовий шнек.

Підбираючи потрібні модулі із наведеного переліку, можна синтезувати лінії приготування комбікормів будь-якої конфігурації у залежності від номенклатури рецептів продукції, необхідної

продуктивності та видів обробки як зернових компонентів, так і готової продукції.

На основі обраних модулів, можна записати структурні формули технологій виробництва комбікормів на базі деяких відомих МКУ (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Структурні моделі існуючих МКУ.

варіант	МКУ	Модульна формула технології
1	УМК-Ф-2	$cd - a1b1 - a3b3 - gh - a8a9b8 - a2b2 - gh - a1b1$ gh
2	АКМ-1	$cd - a3b3 - a2b2 - a4b4 - a8a9b8 - cd - a1b1$ cd
3	БМКА-1-01	$gh - a3b3 - a2b2 - ef - a18b18 - gh$
4	К-Н-5-1	$gh - a3b3 - a4b4 - a2b2 - a8a9b8 - cd$ gh

Синтез узагальненої структури МКУ виконано за спеціально розробленою комп'ютерною програмою, блок-схема якої показана на рис.2.11.

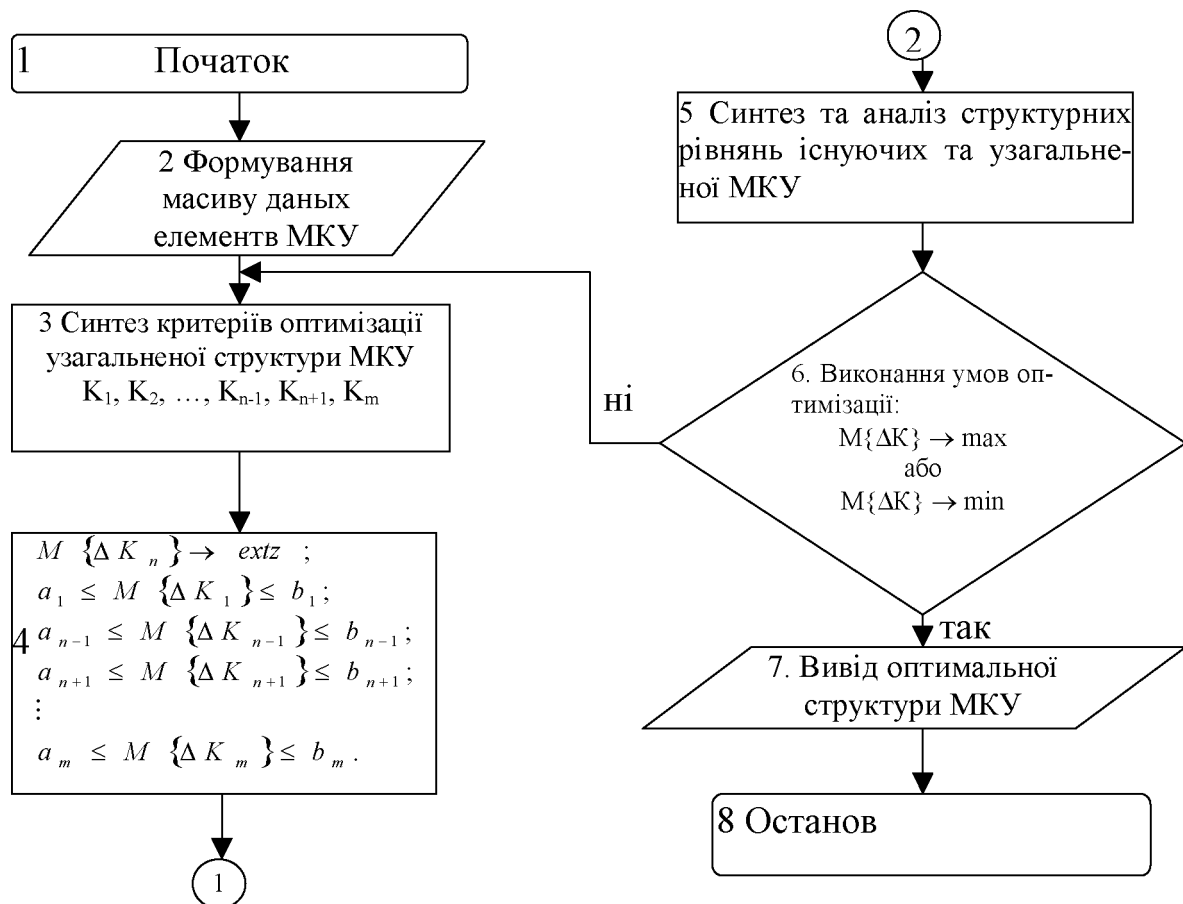


Рис. 2.11. Блок-схема програми синтезу узагальненої структури МКУ.

Методика функціонування даної програми припускає формування бази даних, що включає усі відомі вітчизняні і закордонні МКУ, їхнє призначення, технічні можливості та технологічні особливості, а також перелік критеріїв оптимізації синтезованої узагальненої структури МКУ.

У якості критеріїв оптимізації K при синтезі МКУ є сенс використання узагальнених показників, до яких відносять :

- кількість і якість продукції, що випускається;
- собівартість продукції;
- продуктивність праці;
- питомі витрати сировини та енергії;
- рентабельність та ін.

Математичне чекання значення деякого функціонала якості K (одного з перерахованих показників) можна записати у вигляді [2]

$$M\{K\} = K_0 \pm M\{\Delta K_0\},$$

де K_0 - функціонал якості ідеального гіпотетичного агрегату, що має нульову вартість і не потребує витрат на експлуатацію;

ΔK_0 - витрати на створення МКУ з урахуванням його реальних умов і результатів функціонування, із знаком у формулі перед виразом для математичного чекання ΔK_0 , що залежить від конкретного функціонала якості.

Цілком очевидно, що створення оптимальної структури МКУ забезпечується виконанням умови

$$M\{\Delta K_0\} \rightarrow \min,$$

або

$$M\{\Delta K_0\} \rightarrow \max,$$

в залежності від фізичного змісту показника K .

У реальних умовах при створенні МКУ існують певні обмеження як на значення техніко-економічних показників, так і на технічні засоби, що заплановані до використання. Тому, у загальному випадку задачу вибору оптимальної структури МКУ треба вирішувати за умови забезпечення екстремального значення деякого функціонала якості K_n , при обмеженнях на значення інших функціоналів якості $K_1, K_2, \dots, K_{n-1}, K_{n+1}, K_m$ і обмеженнях на можливості застосування технічних засобів. Тоді можна записати:

$$M\{\Delta K_n\} \rightarrow \text{extz};$$

$$a_1 \leq M\{\Delta K_1\} \leq b_1;$$

⋮

$$a_m \leq M\{\Delta K_m\} \leq b_m.$$

Усі перераховані критерії та обмеження наведено відповідно у блоках 3, 4 та 6 (рис. 2.11).

Таким чином, використовуючи дану методику, можна реалізувати процес синтезу структури узагальненої малогабаритної комбікормової

установки. При цьому враховується інформація як технологічного характеру (номенклатура рецептів та видів комбікормів), так і передумови автоматизації об'єкта.

В результаті одержано структуру узагальненої МКУ, що подана в табл. 2.2 і на рис. 2.12.

Таблиця 2.2

Модульна модель УМКУ.

Найменування технології виробництва комбікорму	Модульна формула технології
Узагальнена модульна модель малогабаритної комбікормової установки	$a1b1 - cd - a3b3 - a1b1 - a8a9b8 - a2b2 - gh - a18b18 - a16-b16 - cd - a1b1 - a4b4$ $gh - a8a9b8$

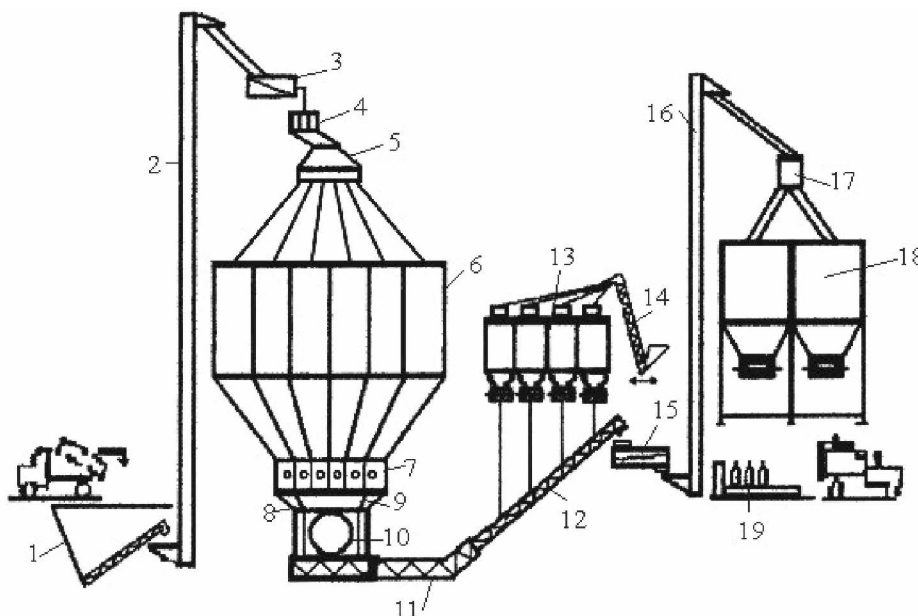


Рис. 2.12. Технологічна схема узагальненої модульної малогабаритної комбікормової установки:

1 - приймальний бункер; 2, 16 - норії; 3 - сепаратор; 4 - магнітна колонка; 5 - розподільувач поворотний; 6, 13, 18 - бункери; 7 - дозатори; 8, 9 - перекидні заслінки; 10 - дробарка; 11, 12, 14 - шнеки; 15 - змішувач - знезаражувач; 17 - розподільувач; 19 - зважувальний пристрій.

Особливістю даної установки є узагальнення позитивних технологічних ознак існуючих МКУ. Так, наприклад, очищення вихідної сировини і її завантаження в оперативні бункери ідентичні установці УМК-Ф-2 із модернізацією вузла розподілу компонентів та кількості бункерів. Дозування мікродобавок адекватно агрегату К-Н-5-1, а також польським агрегатам «Мишко» та Ібмер, а двобункерний розподіл готової продукції - агрегату АКМ-1. Також мають місце ознаки, властиві установкам відомих закордонних фірм, а саме: «Крамер», «Бушхофф», «Хмелин» і «Рако» (Німеччина), «Гейл» (США), «Скьолд» (Данія) і ін.

Аналізуючи технологічні схеми як синтезованого узагальненого агрегата, так і існуючих вітчизняних і закордонних малогабаритних комбікормових установок (МКУ), можна зробити висновок про наявність у більшості з них загальної послідовності технологічних операцій, що показані на рис. 2.13.

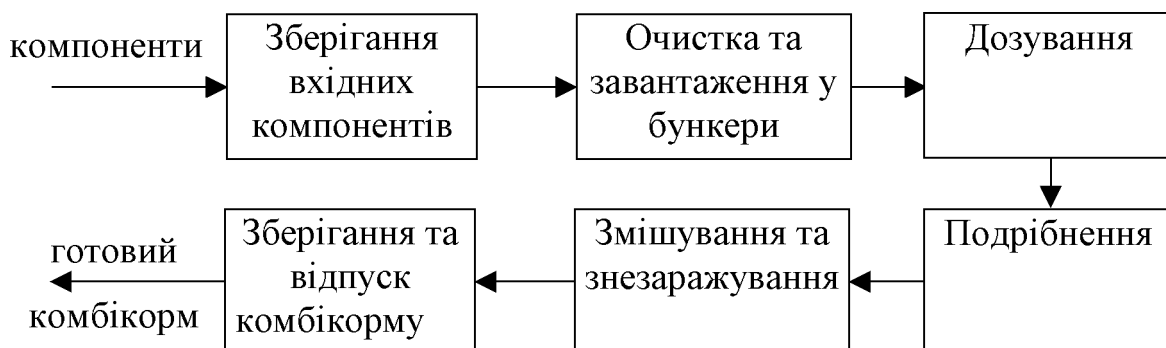


Рис. 2.13. Типовий склад технологічних операцій для МКУ.

Разом з тим слід відмітити, що більшість цих операцій мають свою реалізацію практично в усіх існуючих МКУ. Виключення складають лише операції знезаражування та (частково) якісного змішування компонентів. Необхідність включення до складу МКУ блоку знезаражування зумовлена специфікою процесів приготування комбікормів в умовах невеликих господарств. До цього висновку прийшла більшість розробників МКУ та тих, хто зв'язаний з експлуатацією цієї техніки. Для вирішення цієї проблеми у складі обладнання синтезованої МКУ передбачено такий блок, причому для обґрунтування принципу його роботи доцільно виконати короткий огляд існуючих методів знезаражування комбікормів.

2.3. Методи знезаражування комбікормів.

В силу ряду об'єктивних причин, таких як: наявність природних шкідників, хвороб рослин, а також фізіологічного стану компонентів комбікорму, у сільськогосподарському виробництві доводиться проводити різноманітні технологічні операції по поліпшенню його якості шляхом знезаражування. У середньому, втрати в компонентах комбікорму, наприклад, зерна, тільки через шкідників складають від 5 до 10%, втрати бобових - 14-64%, а через шкідливі мікроорганізми втрати складають 15-20% с.- г. продукції, а іноді і повне її знищення. Падіж птиці через бактеріальної і грибової зараження кормів складає 5 - 7%, а падіж худоби від кормових отруєнь, пов'язаних із ураженням кормів грибками і бактеріями становить 7 - 8%.

Існуючі методи і технологічні прийоми знезаражування комбікормів, наприклад, застосування високотоксичних хімічних препаратів, конвентно-повітряної обробки й інші, потребують великих

витрат енергетичних і трудових ресурсів, а також характеризуються низькою технологічністю процесу. Що стосується питання застосування ядохімікатів, то прямим слідством цього є забруднення навколишнього середовища і порушення екологічної рівноваги в природі. Тому дослідження, спрямовані на розробку ефективних, екологічно безпечних і високопродуктивних методів підвищення якості комбікормів актуальні і мають важливе народногосподарське значення.

Сучасні методи знезаражування комбікормів можна умовно розділити на профілактичні і винищувальні [8, 15]. Профілактичні заходи полягають у використанні високоякісних вихідних компонентів, створенні визначених умов, сприятливих для інгредієнтів комбікормів і несприятливих для життєдіяльності мікроорганізмів, дотриманні санітарного режиму, підготування технічної бази до прийому комбікормів. Винищувальні заходи передбачають використання різноманітних засобів боротьби з мікроорганізмами на етапах приготування і збереження комбікорму. Класифікація винищувальних методів боротьби з мікроорганізмами подана на рис. 2.14. До основних з них відносяться: агротехнічні, біологічні, хімічні і фізичні. Агротехнічні методи боротьби з мікроорганізмами полягають в дотриманні агротехнічних вимог до компонентів комбікорму і самого комбікорму в період виробництва, транспортування і збереження. Біологічні методи знезаражування комбікормів полягають в обробці їх речовинами, що затримують ріст мікроорганізмів або вбивають їх. Хімічні методи знезаражування комбікорму є зараз основними і передбачають обробку обсягу комбікорму в помешканнях або ємностях різноманітними фумігантними пестицидами, що пагубно позначаються на патогенній мікрофлорі.

Основними недоліками хімічних методів знезаражування є:

- необхідність забезпечення достатньої герметичності в помешканнях або ємностях, де проводиться обробка;
- складність підтримки потрібної концентрації препаратів для повного знищення мікроорганізмів;
- простій комбікормового підприємства (установки) у період газації і дегазації;
- забруднення комбікорму і навколишнього середовища ядохімікатами;
- небезпека для здоров'я людей;
- розвиток стійкості мікроорганізмів до інсектицидів;
- однократна хімічна обробка, як правило, не забезпечує повне знищення біологічних об'єктів, але часто призводить до зниження поживності комбікорму (у середньому на 4-5%).

Фізичні методи боротьби з мікроорганізмами у свою чергу розділяються на:

- фізико-механічні;
- термічні;

- електрофізичні.

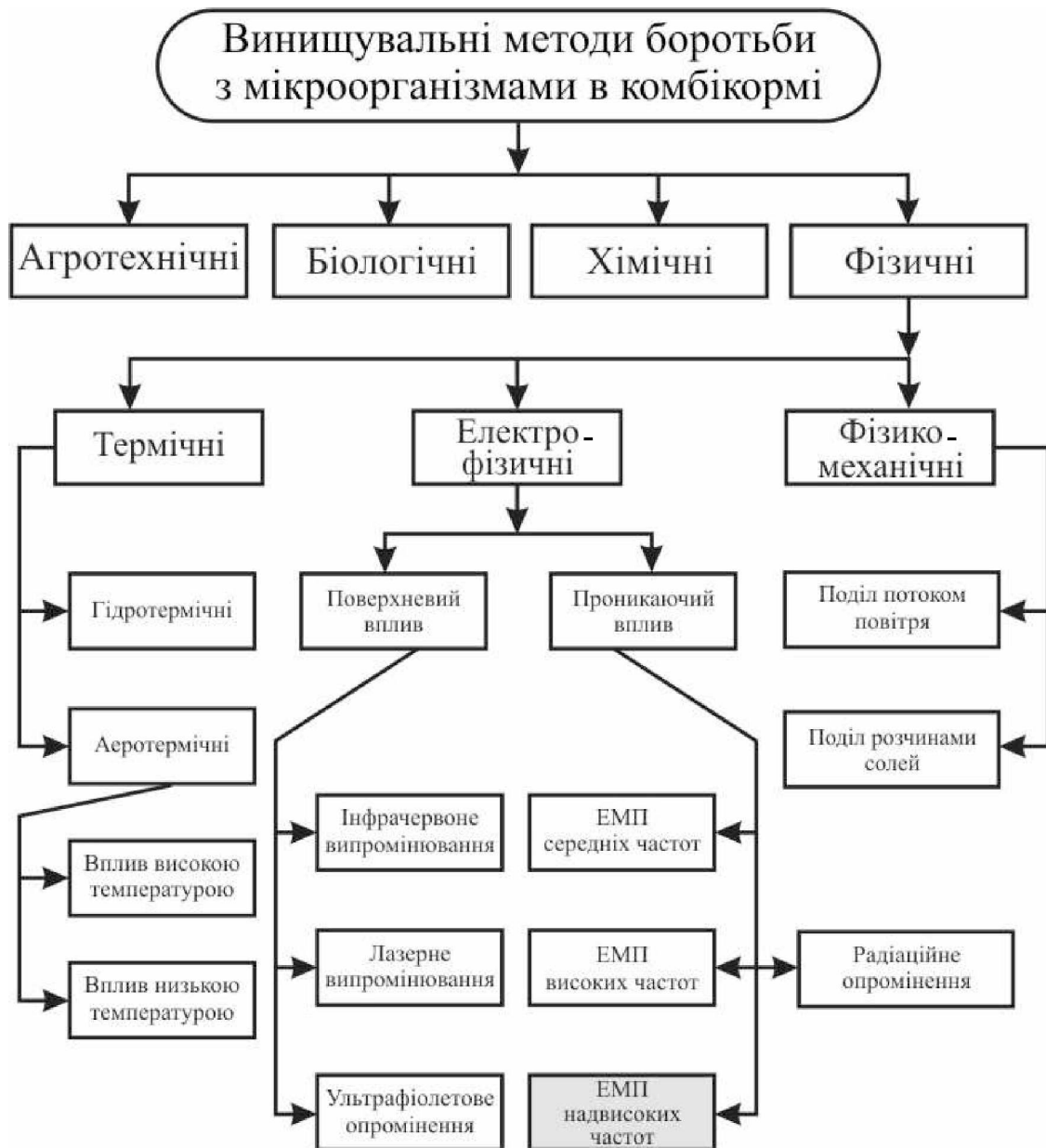


Рис. 2.14. Методи знезаражування комбікормів.

Фізико-механічні методи боротьби передбачають відділення уражених шкідниками фракцій від чистих, із наступною ліквідацією зараженої частини. Основу методу складає те, що уражені шкідниками компоненти втрачають масу і їх можна розділити по питомій вазі, наприклад, на пневмостолах або в концентрованих розчинах солей. Недоліки даного методу - трудомісткість процесу, мала продуктивність, необхідність доведення комбікормів до потрібної вологості після поділу в розчинах солей.

Термічне знезаражування засноване на чутливості мікроорганізмів до зміни температури навколишнього середовища. Існує знезаражування впливом як низькою, так і високої температури. Мікроорганізми є

пойкилотермними, тобто мають постійну температуру. Для різних видів мікроорганізмів існують оптимальні температури навколишнього середовища, найбільш сприятливі для розвитку, але в основному вони знаходяться в діапазоні 15 - 38 °С.

При зниженні температури навколишнього середовища в мікроорганізмах фізіологічні процеси сповільнюються, настає "холодове заціпеніння", а при тривалому впливі низьких температур відбуваються необоротні процеси, що призводять до їхньої загибелі. До недоліків знезаражування холодом можна віднести трудомісткість процесу.

При підвищенні температурного порогу, оптимального для розвитку визначеного виду мікроорганізму, настає "теплове заціпеніння", але зберігається життєздатність, якщо прибрати температурний вплив. При перевищенні температури за межі фізіологічних можливостей настає загибель біологічних об'єктів через необоротні зміни в результаті перегріву і згортання білків.

Методи високотемпературного знезаражування ефективні при обробці комбікормової маси в зваженому або на півзваженому стані, тому широкого поширення не одержали. Крім того, високотемпературне знезаражування не можна застосовувати до зернобобових культур, тому що інтенсивні режими впливу гарячим повітрям викликають появи тріщин часток комбікорму, що знижує їхню стійкість до збереження і призводить до втрати живильних якостей.

Метод застосування радіаційного знезаражування з летальним ефектом полягає в скороченні тривалості життя мікроорганізмів, що піддавалися впливу іонізуючих випромінювань. Це так тому, що при поглинанні енергії іонізуючих випромінювань відбувається іонізація і порушення атомів і молекул живої матерії, що спричиняє розрив молекулярних зв'язків, зміна хімічної структури різноманітних з'єднань, розщеплення води на водень і гідроксильну групу і т.д.

Недоліками радіаційних методів знезаражування є:

- висока вартість устаткування, що може бути виправдана лише при обробці великих партій комбікорму;
- неможливість розходження між стерильними і спроможними до розмноження мікроорганізмами.

До електрофізичних методів боротьби з мікроорганізмами варто віднести:

- застосування лазерного, ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювань;
- вплив розрядами високої напруги;
- застосування електромагнітних полів середніх, високих і надвисоких частот.

Методи знезаражування із застосуванням лазерного, ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювань засновані на різноманітному рівні поглинання електромагнітної енергії

мікроорганізмами і комбікормом, що призводить до інтенсивного нагрівання і загибелі мікроорганізмів.

Недоліки даного методу:

- мала проникаюча спроможність (поверхневий ефект);
- низька продуктивність;
- великі витрати енергії.

Що стосується використання для боротьби зі шкідниками електромагнітних полів, то було помічено, що при визначених дозах їхній вплив призводить до загибелі мікроорганізмів, не наносячи особливої шкоди живим тканинам і різноманітним рослинним продуктам і матеріалам, що опромінюються разом із мікроорганізмами. Це можна пояснити тим, що загибель біологічних об'єктів рослинного і тваринного походження відбувається в результаті денатурації білка - через нагрівання діелектричних речовин в електромагнітному полі при темпі нагрівання - 0,5 - 0,8 °С/с, питомої потужності 0,09 - 0,3 кВт/кг, а руйнації клітин живої тканини при збільшенні темпу нагрівання до 1,2 - 1,6 °С/с.

Дуже перспективною є розробка технічних пристроїв на базі джерела електромагнітного поля надвисокої частоти, тому що в даний час налагоджений випуск НВЧ - генераторів магнетронного типу з високим ККД перетворення НВЧ-енергії (до 70%) і значним ресурсом роботи, що задовольняють технологічним вимогам на промислові установки. Крім того, з підвищенням частоти збільшується вибірність впливу електромагнітного поля, знижуються витрати електроенергії на обробку.

Фізична суть методу НВЧ-знезаражування комбікорму пояснюється тим, що останній розглядається як складний діелектрик, що складається із сухої речовини (компоненти комбікорму) і води. А з практики відомо, що в діапазоні частот 10⁶ - 10¹⁰ Гц неполярні діелектрики з мінімальною вологістю, наприклад, сухе зерно, поведуться як прозорі середовища, тобто не поглинають електромагнітну енергію. У табл. 2.3 приведені значення діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат для органічних і неорганічних діелектриків.

Таблиця 2.3

Електрофізичні властивості різноманітних матеріалів.

Діелектрик	ϵ	$\text{tg}\delta$	Діелектрик	ϵ	$\text{tg}\delta$
Горox	9	0,5	Вініпласт	4	0,02
Пшениця	2,6	0,032	Полістирол	2,55	$0,5 \cdot 10^{-3}$
Овес	2,25	0,051	Фторопласт-4	2	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Ячмінь	2,8	0,072	Текстоліт	3,67	$6,0 \cdot 10^{-2}$
Картопля	38	0,3	Слюда	5,4	$0,3 \cdot 10^{-3}$

Вода (при t = 20 °C)	81	0,11	Гетинакс	7,5	$1,5 \cdot 10^{-3}$
----------------------	----	------	----------	-----	---------------------

Отже, розходження діелектричних властивостей самого мікроорганізму (колонії мікроорганізмів) і середовища його знаходження (часток комбікорму) – у відношенні відповідно 10...16 і 120...170, а за значенням тангенса кута діелектричних втрат, відповідно $(3-5) \cdot 10^{-4}$ і $(1-10) \cdot 10^{-4}$, і призводять до цілеспрямованого виділення енергії і, як наслідок, - нагріванню мікроорганізмів практично без витрат енергії на саме середовище.

Таким чином, можна виділити основні переваги НВЧ-методу в порівнянні з традиційними засобами:

- вибірність впливу, тобто вплив у першу чергу на біологічний об'єкт із підвищеною вологістю;
- екологічна чистота – відсутність шкідливого впливу на навколишнє середовище;
- безінерційність, що дуже важливо при автоматизації керування процесом опрацювання комбікорму;
- безпечність впливу ЕМП НВЧ, тобто можливість підводу через захисні оболонки (скло, папір, кераміка, пластмаса й інші діелектрики);
- метод ЕМП НВЧ є технологічним з позицій регулювання продуктивності та автоматизації процесу.

Технологічно процес знезаражування комбікорму доцільно проводити в період його виробництва, але визначити на змонтованій установці оптимальне місце для пристрою знезаражування, що відповідав би вимогам безпеки для обслуговуючого персоналу і доступності в обслуговуванні з мінімальними матеріальними і трудовими витратами, досить складно. З цієї причини треба було б монтувати самостійний агрегат, що включав би камеру, стрічковий транспортер і джерело ЕМП НВЧ, і встановлювати його наприкінці технологічної лінії. При цьому стрічковий транспортер повинен мати спеціальну фторопластову стрічку, вхідний вихідний шлюзові затвори, причому швидкість прямування регулювалася б у залежності від ступеня зараженості матеріалу.

З іншого боку, як це вже зазначалося вище, одна з важливих вимог до якості виготовлення комбікорму - однорідність суміші (не менше 95%), бо цього потребує включення до їх рецептів добавок (15-25%), у тому числі і висококонцентрованих, що містять сильнодіючі препарати і ліки. Тобто до складу МКУ також необхідно включити модуль додаткового змішування.

У випадку синтезованої УМКУ пропонується об'єднання цих двох технологічних операцій, застосувавши установку НВЧ-знезаражування комбікорму в так називаному псевдозрідженому прошарку. Сутність методу псевдозрідження заключається у тому, що частки нерухомого

здрібненого комбікорму, що знаходиться в прошарку, стиснуті у русі сусідніми частками. Але, якщо через цей прошарок направити висхідний потік агента, що зріджує, наприклад, повітря, то прошарок розширюється і наступає такий режим, при якому частки переходять у зважений стан. Це точка мінімального псевдозрідження, для котрої характерним є те, що комбікорм одержує властивості рідини і під дією гідростатичного тиску, стає текучим. При подальшому підвищенні тиску агента крізь цей прошарок, у ньому і наступає так званий барботаж повітряних кульок з утворення каналів. При цьому виникає інтенсивне перемішування часток комбікорму, так зване кипіння. А якщо агент, що зріджує, направити в прошарок комбікорму під кутом $15-30^\circ$, те це дозволить поряд із псевдозрідженням матеріалу, також переміщати його по опорній площині.

При цьому, описані вище процеси базуються на припущенні, що комбікорм - це фізична макроскопічна суміш ряду однорідних компонентів, що не вступають один з одним у хімічну реакцію, а самі компоненти в просторі розташовані неупорядковано (хаотично), а між ними й усередині них знаходиться волога.

З урахуванням сказаного, до складу узагальненої МКУ введено пристрій змішування - знезаражування, схема якого показана на рис. 2.15. Він включає [15] аерожелоб, що складається з двох П-образних коробів, між якими знаходиться жалюзійна аераційна перегородка із спрямованим виходом потоку повітря у бік транспортування комбікорму.

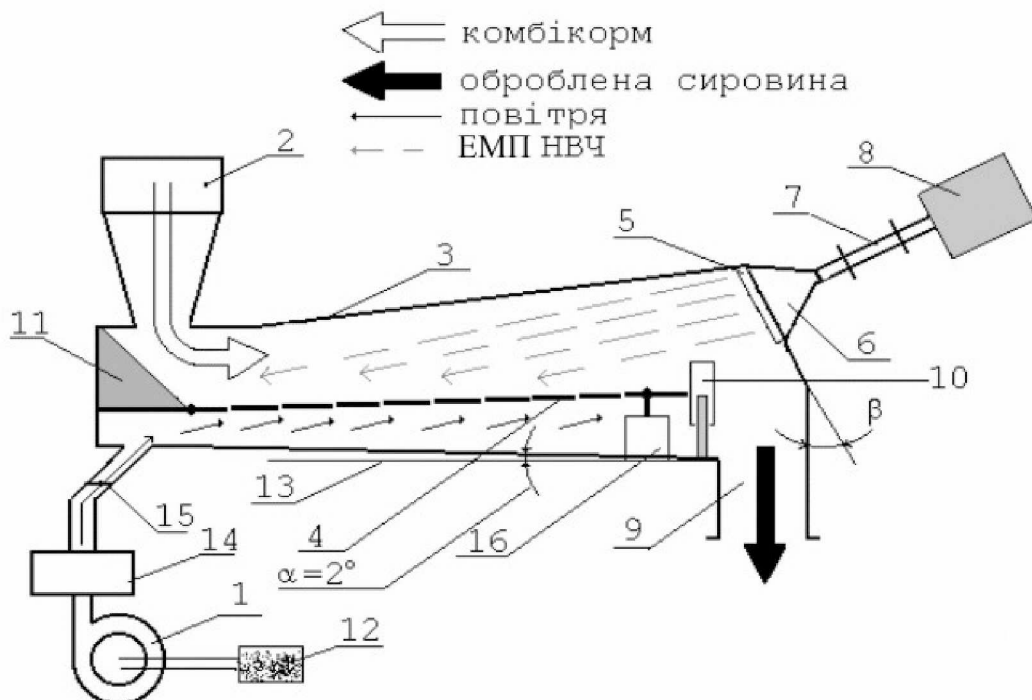


Рис. 2.15. Установа НВЧ – обробки комбікорму у псевдозрідженому прошарку:

1 - вентилятор, 2, 9 - приймальний і вивантажувальний патрубки, 3, 13 - верхній і нижній короби аерожелоба, 4 - жалюзійна аераційна перетинка, 5 - захисний екран 6 - пірамідальний рупорний випромінювач, 7 - хвилевід, 8 - НВЧ генератор, 10 - екран, 11 - компенсатор навантаження 12 - повітряний фільтр, 14 - ресивер, 15 - засувка.

Принцип роботи аерожелоба заключається в наступному. У нижній короб 13, що служить повітряпроводом, нагнітається повітря вентилятором 1, через ресивер 14 і регулюючу засувку 15 із робочим тиском до 0,006 МПа. Повітря попередньо очищається фільтром 12, для запобігання забруднення аераційної перетинки 4. У верхній короб 3, що служить робочою камерою, подається через завантажувальний бункер 2 комбікорм. У аераційній перетинці повітря проходить через жалюзі, змінюючи свій напрямок і виходить під визначеним кутом, проникаючи у масу комбікорму і зріджуючи його. Внаслідок цього значно зменшуються сили внутрішнього тертя між частками і прошарок комбікорму одержує властивості рідини. Псевдозріджений, або киплячий прошарок комбікорму під дією діючих під деяким кутом повітряних потоків рухається по аеродинамічній перетинці навіть при незначному ухилі (порядку $\alpha=2^\circ$). Для регулювання продуктивності і поліпшення процесу псевдозрідження передбачена телескопічна засувка 10.

На вихідній стінці аерожелоба встановлений пірамідальний рупорний випромінювач 6, який через хвилевід 7 сполучений із генератором НВЧ – енергії 8. Кут нахилу $\beta = 35-40^\circ$ рупорного випромінювача вибрано [15] за умов максимального охоплення потоком електромагнітних хвиль псевдозрідженої маси. Перед пірамідальним рупорним випромінювачем встановлено захисний екран 5, виготовлений із матеріалу прозорого для ЕМП НВЧ (фторопласт-4: $\varepsilon = 1,9-2,2$ і $\text{tg}\delta = 2,5 \cdot 10^{-4}$). Для захисту генератора і відводу вільної потужності, встановлений компенсатор навантаження 11, виготовлений із ферооксиду. Знезаражений ЕМП НВЧ комбікорм, пройшовши через камеру, вивантажується через патрубок 9.

Таким чином, запропонована узагальнена структура МКУ, яка включає практично всі переваги існуючих малогабаритних агрегатів і усуває більшість їх недоліків, дає можливість проаналізувати якісні показники систем автоматизації даного класу машин.

2.4. Розробка і аналіз функціональної схеми автоматизації УМКУ.

Функціональна схема автоматизації є основним технічним документом, що визначає структуру і функціональні зв'язки між ТП і засобами контролю і управління. Функціональну схему виконують у вигляді креслення, на котрому схематичні, умовними зображеннями

показують технологічне устаткування, приводні силові установки і засоби автоматизації - вимірювальні перетворювачі і виконавчі пристрої.

В основу умовних позначень приладів і засобів автоматизації покладені графічні та літерні позначення відповідно до ГОСТ 21.404-85.

Система умовних позначень, прийнята в цьому стандарті, являється інтернаціональною і застосовуваним у багатьох країнах світу. Основна її відмінність від раніше існуючих стандартів полягає в тому, що прилади і засоби автоматизації позначають не за конструктивними, а за функціональними ознаками. Умовні графічні позначення приладів і засобів автоматизації показані в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Графічні умовні позначення приладів і засобів автоматизації.

Найменування	Позначення
Первинний вимірювальний перетворювач (датчик); прилад, установлюваний по місцю: на технологічному трубопроводі, апараті, стіні, полу, колоні, металоконструкції: а) базове позначення б) допустиме позначення	
Прилад, встановлюваний на щиті, пульті: а) базове позначення б) допустиме позначення	
Добірний устрій для постійно включеного приладу	
Виконавчий механізм (ВМ) Загальне позначення	
ВМ постійного струму	
ВМ перемінного струму	
ВМ, відкриваючий регулюючий орган (РО) при припиненні подачі енергії або керуючого сигналу	
ВМ, закриваючий РО при припиненні подачі енергії або керуючого сигналу	
ВМ із додатковим ручним приводом	
Приводний асинхронний двигун	

Усі літерні позначення ГОСТ 21.404-85 побудовані на літерах латинського алфавіту, причому їх значення визначають як самі літери, так і місце їх розташування у ряду позначень. Так на першому місці у ряду позначень розміщується літера, якою позначається вимірювальний параметр (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Значення першої літери, яка позначає вимірювальний параметр.

Позначення	Параметр	Позначення	Параметр
Д	Щільність	Р	Тиск, вакуум
Е	Будь-яка електрична величина	Q	Характеристика якості (склад, концентрація і т.п.)
F	Витрата	R	Радіоактивність
G	Розмір, положення, переміщення	S	Швидкість, частота
H	Ручний вплив	T	Температура
K	Час, часова програма	U	Декілька різнорідних вимірюваних величин
L	Рівень	V	В'язкість
M	Вологість	W	Маса

Якщо є необхідність уточнення основної вимірюваної величини, то застосовують додаткові літери, які розташовують на другому місці у ряду позначень, а саме

- D – різниця, перепад;
- F – співвідношення, частка, дріб;
- J – автоматичне перемикання;
- Q – інтегрування (складання).

Причому, три з них дозволяється записувати малими літерами - d, f, q.

Для позначення функцій, що виконуються приладом, служать сім букв, які у ряду позначень розміщуються не на першому місці і котрі приведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6.

Літерні позначення функцій, що виконуються приладом.

Позначення	Відображення інформації	Позначення	Формування вихідного сигналу	Позначення	Додаткове значення
A	Сигналізація	C	Регулювання, управління	H	Верхня межа вимірювального розміру
I	Показання	S	Вмикання, вимикання, перемикання	L	Нижня межа вимірювального розміру
R	Реєстрація				

Функціональні ознаки приладів і засобів автоматизації позначають чотирма основними буквами, поданими в табл. 2.7.

Додаткові літерні позначення функціональних ознак приладів.

Позначення	Функціональна ознака
Е	Чутливий елемент
Т	Дистанційна передача
К	Належність до пульту управління
У	Перетворення, обчислювальна функція

Місцем установки відбірного устрою на функціональній схемі автоматизації може бути точка перетинання лінії зв'язку з контуром технологічного устаткування, наприклад, рис. 2.16, а. При виникненні необхідності точного показання точки відбору інформації, лінія зв'язку від первинного вимірювального перетворювача вводиться усередину контуру технологічного устаткування, а на її кінці зображують окружність, як це показано на рис. 2.16, б.



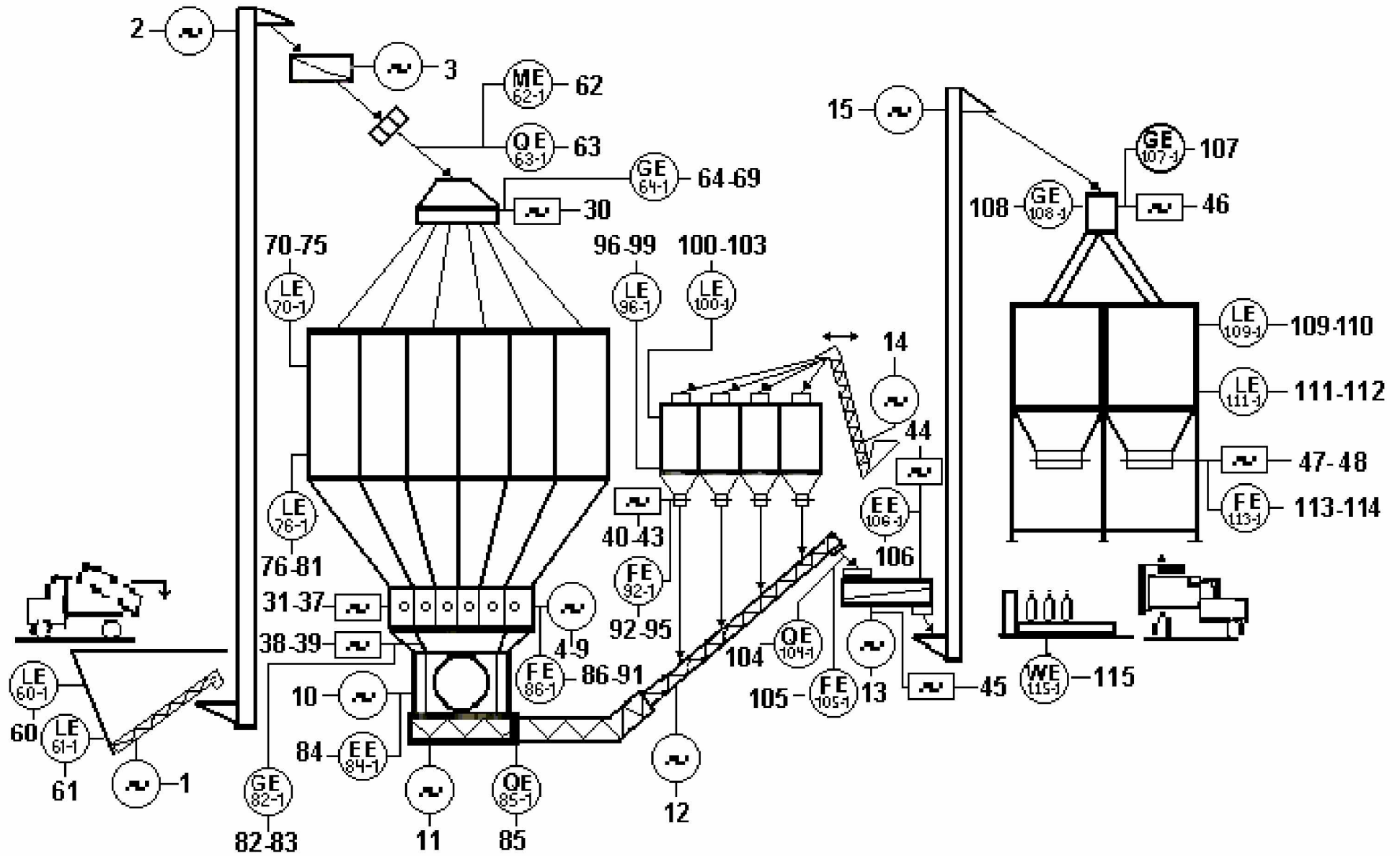
Рис. 2.16. Варіанти графічного позначення місця установки вимірювального перетворювача.

Щити і пульти автоматизації технологічних процесів зображують на схемах у вигляді прямокутників, розміри яких визначаються довільно з урахування розміщення в них умовних графічних і літерних позначень приладів і засобів автоматизації. У кожному прямокутнику з лівої сторони вказується його найменування. Прилади і засоби автоматизації, що розташовані поза щитами і не пов'язані безпосередньо з технологічним устаткуванням, умовно показують у прямокутнику "Прилади місцеві". Начинку щитів і пультів поміщають у прямокутник "Пульт (щит) управління". Якщо автоматизація процесу виконується на рівні комп'ютерних технологій, то цей блок позначають як "Пульт оператора", в якому виділяють сектори "Щит контролю і управління" та "ЕОМ".

При зображенні на функціональній схемі автоматизації ліній зв'язку, доцільно застосовувати адресний метод, причому нумерацію ліній на вході в пульти управління варто розташовувати в зростаючому порядку.

На схемі під адресами, які позначають приводні двигуни, поряд з традиційним позначенням (HS) - включення, відключення, переключення за допомогою ручного впливу на кнопку, для магнітного пускача допускається застосування резервної букви N, тобто (NS). На лінії зв'язку, де це необхідно, варто також зазначити діапазон зміни контрольованих параметрів.

З урахуванням наведених вище правил, складено функціональну схему автоматизації синтезованої у попередньому розділі узагальненої малогабаритної комбікормової установки [5]. Дана схема, яка приведена на рис. 2.17, відображає усі рішення з автоматизації, показуючи місця установки приводних і виконавчих механізмів, вимірювальних перетворювачів, а також систему перетворення та дистанційної передачі інформації.



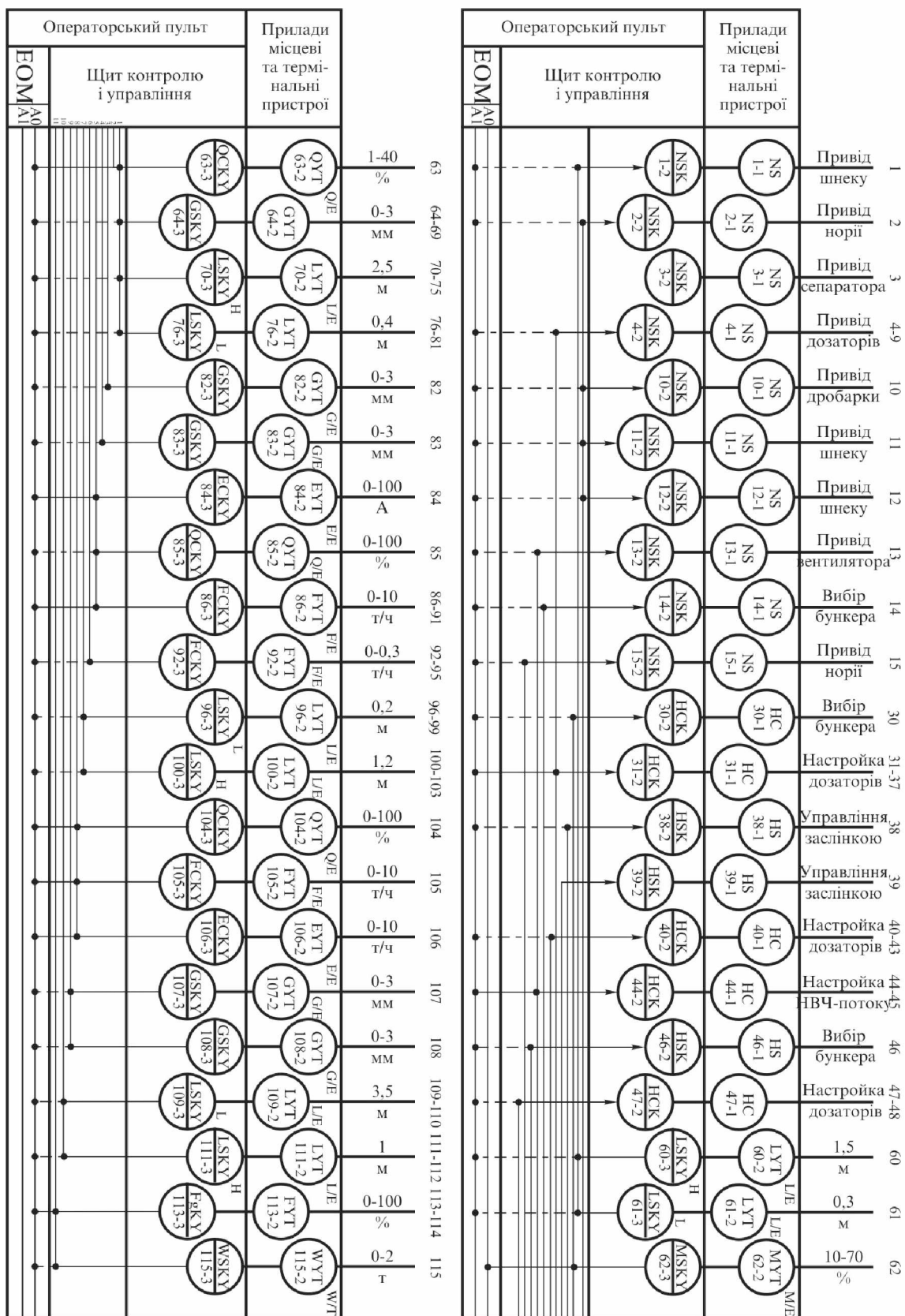


Рис. 2.17. Функціональна схема автоматизації узагальненої МКУ.

Розшифровування умовних літерних позначень фрагменту функціональної схеми автоматизації наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Розшифрування літерних позначень.

Номер адреси	Значення літер
1-15	N - управління приводними двигунами за допомогою магнітного пускача; S - включення, відключення, переключення.
30 - 48	H - ручний вплив; C - регулювання, управління.
60	L – рівень; E - чутливий елемент; Y - перетворення (L /E-рівень в електричну величину); T - дистанційна передача; S – відключення; K - пульт управління і т.д.

На підставі поданої на рис. 2.17 функціональної схеми автоматизації, визначаємо параметри контролю і управління АСУТП МКУ, прийнявши при цьому поблочний аналіз вузлів та агрегатів і звівши отримані результати у табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Параметри контролю і управління АСУТП МКУ.

Вузол УМКУ	Параметри	
	Контролю	Управління
1. Бункери: приймальний, оперативні і готової продукції.	Верхній і нижній рівні зернового матеріалу.	Відключення-включення подачі.
2. Система розподілу компонентів по оперативних бункерах	Вологість і засміченість потоку вихідних зернових компонентів, положення розподільного патрубку розподільника.	Вмикання приводу розподільника, положення робочого механізму наддробарних дозаторів.
3. Дробарка та вузол дозування компонентів.	Положення перекидних клапанів крайніх бункерів, подача зернових компонентів та мікродобавок, крупність розмолу, струм навантаження привідного двигуна.	Вмикання приводу перекидних клапанів крайніх бункерів, регулювання подачі компонентів.
4. Вузол змішування і НВЧ-обробки.	Подача і зараженість комбікорму, напруженість НВЧ-поля	Привід заслінки вентилятора, регулятор потужності НВЧ-випромінювача.
5. Блок зберігання і відпуску готової продукції.	Положення перекидного клапанна розподільника,	Привід перекидного клапанна розподільника, включення-відключення

	кількість відпущеної продукції.	вивантажувального механізму.
--	---------------------------------	------------------------------

Таким чином, для подальшої розробки й аналізу системи автоматизації МКУ на рівні АСУТП, необхідно:

- виконати вибір існуючих і проектування нових технічних засобів контролю наведеного вище переліку технологічних параметрів;
- розробити структурні схеми автоматизації з наступною їхньою формалізацією та визначенням основних показників якості роботи системи;
- розробити основні види забезпечення для реалізації алгоритму функціонування АСУТП МКУ.

2.5. Визначення складу та опис функціонування технічних засобів автоматизації комбікормової лінії.

У відповідності до визначених у попередньому розділі параметрів автоматизації, доцільно навести опис та характеристики технічних засобів автоматики, до основних з яких відносяться наступні пристрої.

Автоматичний пристрій контролю якості змішування кормових матеріалів).

Пристрій (А. с. № 728830, автори - Чернишов В.О., Лівшиць Л.С., Гусейнов В.І.) містить (рис. 2.18) генератор високочастотних сигналів, сполучений з ізольованим від корпусу змішувача випромінюючим електродом, що уявляє собою металеве кільце, закріплене в центрі змішувача на його валу [27].

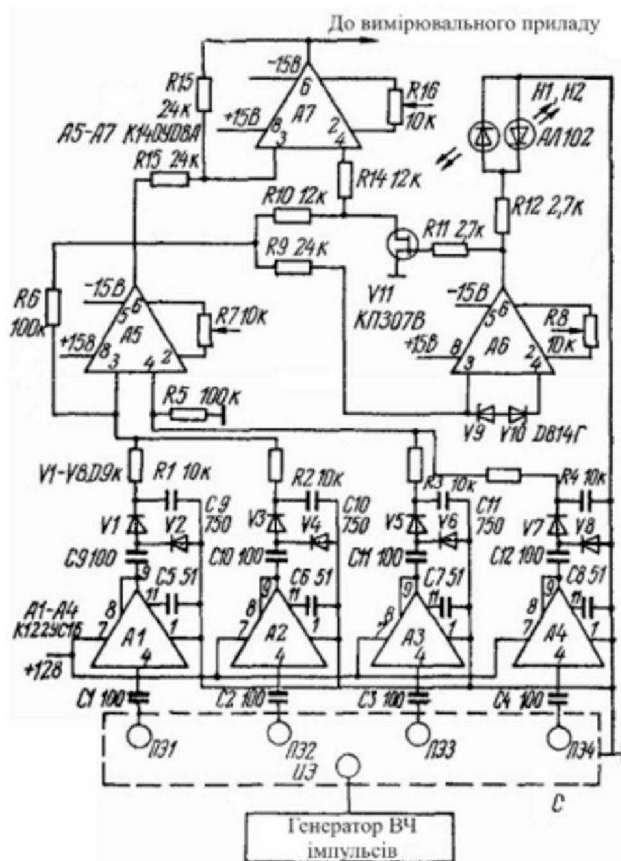


Рис. 2.18. Автоматичний пристрій контролю якості змішування кормових матеріалів.

На корпусі змішувача в одній площині з електродом, що випромінює, у зоні, вільній від лопастей, встановлюються чотири приймальних електроди (ПЕ). Приймальні електроди підключені до підсилювачів змінного струму (А1 - А4) і пристрою А5, що порівнює. При рівності входних сигналів відбувається автоматичне відключення змішувача. Для візуального контролю процесу введені дві світлодіоди: червоний - низька якість змішування, зелений - висока. При різноманітних співвідношеннях входних сигналів на виході пристрою, що порівнює, може формуватися напруга позитивної або негативної полярності. Для ліквідації цього недоліку в схему введений перетворювач полярності на операційних підсилювачах (А6, А7).

Пристрій працює наступним чином. Високочастотний сигнал із генератора поступає на електрод, що випромінює, і проходить через кормовий матеріал, що змішується, у чотирьох напрямках в одній площині до приймальних електродів. Сигнали посилюються і вводяться в пристрій, що порівнює. Якщо однорідність суміші низька, то сигнали різноманітні за величиною, і на виході пристрою, що порівнює, з'являється напруга. У випадку, якщо напруга має негативну полярність, вона перетвориться на позитивну, яка вмикає червоний світлодіод. Якщо досягнута висока якість змішування, то входні сигнали рівні, і на виході пристрою, що порівнює, встановлюється нуль. У цьому випадку формується керуючий вплив

на відключення приводного двигуна, зелений світлодіод запалюється, а червоний гасне.

Застосування пристрою змішування забезпечує підвищення однорідності при виготовленні кормосумішей і відповідність до зоотехнічних вимог, однорідність кормосумішей на виході змішувача повинна складати 0,9...0,95. При існуючих засобах контролю це значення не більш як 0,5...0,6. Для взяття проби й обчислення значення однорідності по відомому способу потрібно 15...20 хв. При використанні розглянутого пристрою контроль однорідності провадиться автоматично і не потребує втручання обслуговуючого персоналу. При згодовуванні тваринам кормосумішей з таким високим значенням однорідності поліпшується засвоєння живильних речовин на 15...20 %.

Автоматичний пристрій для виміру вологості кормових матеріалів.

Даний пристрій конструкції ЦНДІМЕСГ (Беларусь) [27] побудований на основі діелькометричного методу виміру вологості. Для визначення параметрів пристрою було проведено експериментальне дослідження електрофізичних характеристик кормових матеріалів і сумішей у широкому діапазоні частот. На підставі отриманих результатів показано, що найбільша точність визначення вологості досягається на частоті 3 МГц при відстройці від коливань щільності і температури матеріалу. Вплив щільності виключається завдяки використанню додаткової частоти 20Гц, що дозволяє визначити щільність з максимальною точністю. При взаємодії сигналів двох частот вплив щільності цілком виключається, що значно підвищує точність визначення вологості. У пристрої використовується термокомпенсація.

Принципова схема двохчастотного пристрою наведена на рис. 2.19.

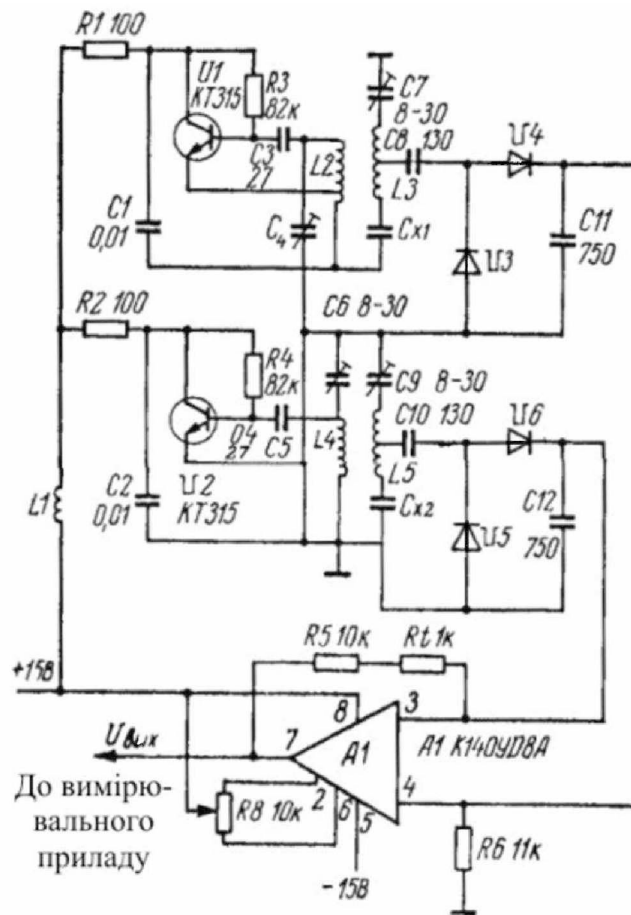


Рис. 2.19. Автоматичний пристрій для виміру вологості кормових матеріалів.

Високочастотні генератори, що виробляють синусоїдальні сигнали $f_1=3\text{МГц}$ і $f_2=20\text{МГц}$, виконані відповідно на транзисторах V_1 і V_2 . Для виміру використана диференційна схема, що складається з однієї половини $L3C7$ і другої частини $L3$ і $CX1$, а також $L5C9$ і $CX2$. При початкових умовах настраюються $C7$ і $C9$ так, щоб на середніх виводах $L3$ і $L5$ була відсутня напруга. При зануренні $CX1$ і $CX2$ у середовище, що вимірюється, відбувається розбаланс схеми, у результаті чого на середніх виводах $L3$ і $L5$ утвориться напруга, що залежить від значень вологості і щільності. Напруга на $C11$ ($f_2 = 20\text{МГц}$) залежить в основному тільки від щільності, а на $C12$ - від вологості. Вплив щільності необхідно виключити. Це здійснюється операційним підсилювачем $A1$, включеним за схемою порівняння. У результаті на його виході утворюється напруга, що залежить тільки від вологості контрольованого матеріалу. Для термостабілізації показань введено опір R_t , який також поміщається у вимірюване середовище.

Дистанційний детектор потужності НВЧ-поля.

Найпростішим приймачем, як відомо [11], є детекторний. І такі приймачі діапазону НВЧ, що складаються з приймальної антени і

діода, знаходять своє застосування для виміру НВЧ-потужності. Самим істотним недоліком є низька чутливість таких приймачів. Для того, щоб упевнено виявити зміну струму діода під дією НВЧ-поля, потрібна амплітуда НВЧ на діоді в декілька десятків мілівольт. Це дуже низька чутливість, вона відповідає виявленню передавачу 10 мВт на відстані всього декількох метрів. Щоб різко підвищити чутливість детектора не ускладнюючи НВЧ голівки (тобто без підсилювачів, перетворювачів і т.п.), була розроблена схема детекторного НВЧ-приймача з задньою стінкою хвилеводу, що модулюється (рис. 2.20) [11].

НВЧ-голівка при цьому майже не ускладнилася, додався тільки модуляторний діод VD2, а VD1 залишився детекторним.

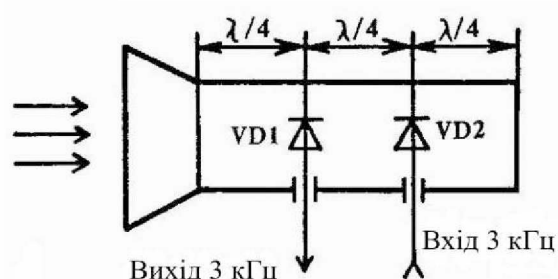


Рис. 2.20. Схема НВЧ – голівки.

З деяким наближенням можна вважати, що коли діод VD2 закритий, він не впливає на процеси в хвилеводі, а коли відкритий - цілком закорочує хвильовід, тобто відіграє роль короткозамкнутої задньої стінки.

Розглянемо процес детектування. НВЧ-сигнал, прийнятий рупорною (або будь-якою іншою, у нашому випадку - діелектричною) антеною надходить у хвильовід. Оскільки задня стінка хвилеводу є короткозамкнутою, у хвилеводі встановлюється режим стоячих хвиль. Причому, якщо детекторний діод буде знаходитися на відстані півхвилі від задньої стінки - він буде у вузлі (тобто мінімумі) поля, а якщо на відстані чверті хвилі - то в пучності (максимумі). Тобто, якщо ми будемо пересувати задню стінку хвилеводу на чверть хвилі (подаючи напругу, що модулює, з частотою 3 кГц на VD2), то на VD1, внаслідок переміщення його з вузла в пучність НВЧ-поля, виділиться НЧ-сигнал з частотою 3 кГц, який може бути підсилений і виділений звичайним підсилювачем НЧ.

Таким чином, якщо на VD2 подати прямокутну модулюючу напругу, то при появі НВЧ-поля з VD1 буде знятий продетектований сигнал тієї ж частоти. Цей сигнал, що модулює, буде протифазним (ця властивість буде використано надалі для виділення корисного сигналу з наводок) і мати дуже малу амплітуду.

Тобто вся обробка сигналу буде провадитися на НЧ, без

дефіцитних НВЧ-деталей. Ширина діаграми спрямованості голівки в обох площинах не перевищують 30° , тому "морквину" діелектричної антени варто як можна точніше спрямовувати на імовірне джерело. Схема пристрою обробки приведено на рис. 2.21.

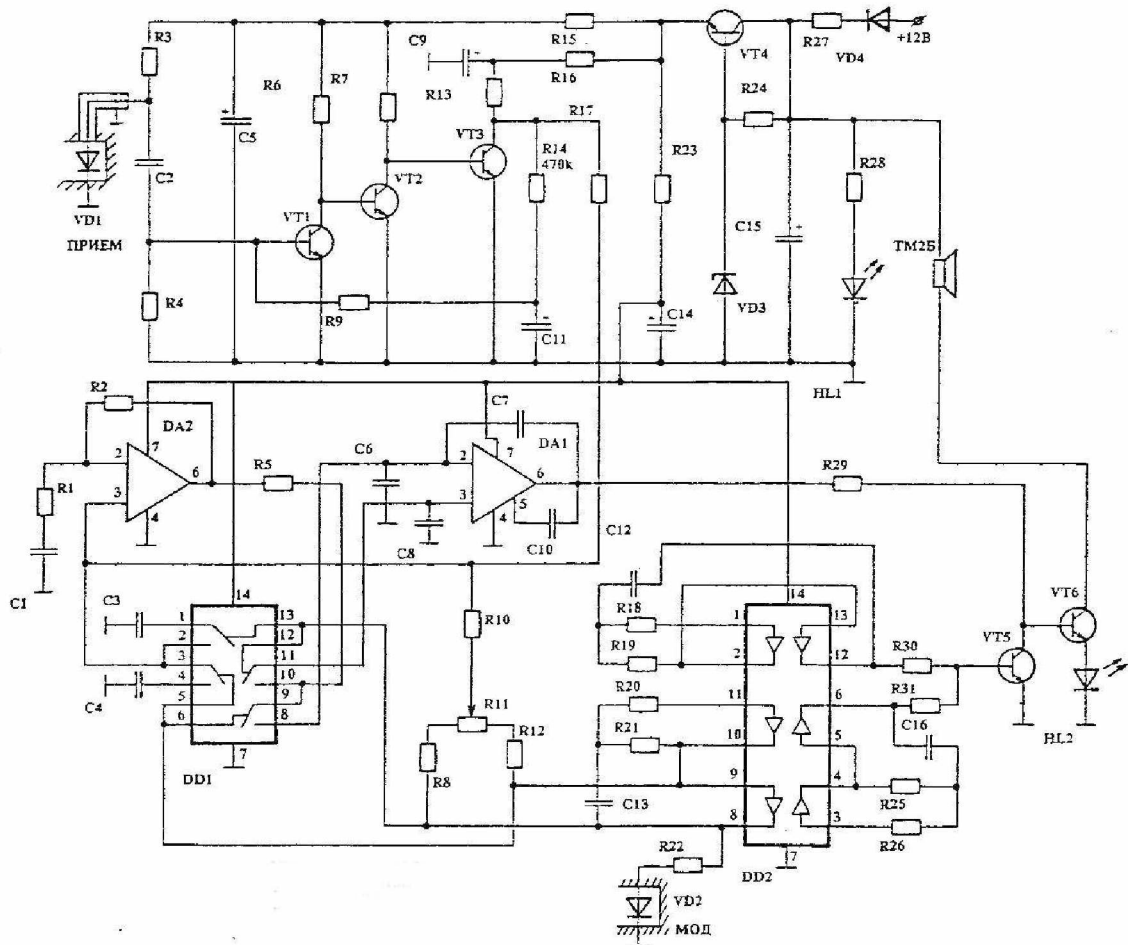


Рис. 2.21. Схема блоку обробки сигналу потужності НВЧ – поля.

Живиться схема від джерела 12 В і споживає струм біля 10 мА.

Резистор R3 забезпечує початковий зсув детекторного діода VD1. Прийнятий VD1 сигнал підсилюється трикаскадним підсилювачем VT1 - VT3. Для виключення завад по живленню, живлення вхідних ланцюгів здійснюється через стабілізатор на VT4.

На DD2 зібраний генератор 3 кГц, через R22, що модулює VD2. Напряга, що модулює, у прямій (вивід 8 DD2) і інверсній (вивід 9DD2) фазах через R8 надходить на резистор R11 "Чутливість". Цим резистором встановлюються такі фаза й амплітуда напруги, що компенсує, на движку R11, щоб зводити до нуля наводки на діод VD1. Справді, на VD1 так чи інакше буде наведена (через паразитні зв'язки) напруга, що модулює, 3 кГц (усе-таки на VD2 майже 1В, а повний сигнал із VD1 - 1 мікрвольт і навіть менше). А так як корисний сигнал (від НВЧ-поля) з VD1 і напруга, що модулює, на VD2 –

протифазні, тому движок R11 можна встановити в таке положення, при якому наводки будуть компенсовані. Підключивши осцилограф до виходу DA2 і, обертаючи R11, можна побачити, як відбувається компенсація.

З виходу попереднього підсилювача VT1 - VT2 сигнал надходить на вихідний підсилювач DA2. Між колектором VT3 і входом DA2 стоїть RC-ланцюжок R17C3 (або C4, у залежності від стану ключів DD1) зі смугою пропускання усього 20 Гц. Це так називаний цифровий кореляційний фільтр. Так формується прямокутний сигнал 3кГц, який в точності дорівнює модулюючій і протифазі з сигналом, що модулює. Цифровий фільтр саме і використовує це положення: коли повинна прийматися "1" корисного сигналу, то підключається C3, а коли "0" - C4. Таким чином, на C3 і C4 за декілька періодів накопичуються верхнє і нижнє значення корисного сигналу, у той час як шуми з випадковою фазою накопичитися не можуть. Цифровий фільтр покращує співвідношення сигнал/шум у декілька разів, відповідно підвищуючи і загальну чутливість детектора. Стає можливим упевнено виявляти сигнали, що лежать нижче рівня шуму (це загальна властивість кореляційного прийому).

З виходу DA2 сигнал через ще один цифровий фільтр R5 C6 (або C8, у залежності від стану ключів DD1) надходить на інтегратор-компаратор DA1, який, при наявності корисного сигналу на вході VD1, переключається в "1". Цей сигнал дозволяє вмикання HL2 "тривога" і голівки TM2Б. Переривчасте тональне звучання голівки і миготіння HL2 забезпечується роботою двох мультивібраторів на частоті біля 1Гц і 2 кГц у DD2 і транзистором VT5, що шунтує базу VT6 у такт роботі цих мультивібраторів.

Конструктивно детектор складається з голівки НВЧ і плати обробки, що може бути розміщена як поруч із голівкою, так і окремо.

Пристрій, зібраний з справних деталей і без помилок, налагодження не потребує. Порядок роботи з детектором такий.

1. Ввімкнути живлення.

2. При відсутності НВЧ-випромінювання резистором R11 "Чутливість" установити поріг спрацьовування. Для цього, обертаючи R11, слід домогтися появи звуку і миготіння HL2. Потім, переміщуючи движок R11, домогтися припинення миготіння HL2. Зафіксувати движок слід на самому порозі вмикання HL2. Якщо не потрібна гранична чутливість, то движок R11 слід перемістити далі від порога спрацьовування (підібрати експериментально).

3. Направити вістря діелектричної антени (з урахуванням ширини її діаграми спрямованості 30°) на імовірне джерело. Якщо НВЧ-випромінювання присутнє, те почне мигати HL2 і роздаватися звук із голівки TM2Б.

Вимірювальні пристрої дисперсності матеріалу.

Для оперативного контролю ступеня подрібнювання матеріалу застосовують метод ситового аналізу в різноманітних модифікаціях. Найбільш поширеним є засіб поділу сипучого матеріалу на дві фракції за допомогою ситового екрана з заданими розмірами осередків. Відношення витрати однієї з фракцій до витрати вихідного продукту характеризує дисперсність вихідної суміші.

Цей засіб реалізується в спеціальній конструкції дисперсоаналізатора й у машинах, що сепарують, виконуючі визначені технологічні операції [23].

Схема дисперсоаналізатора ДА-1 показана на рис.2.22.

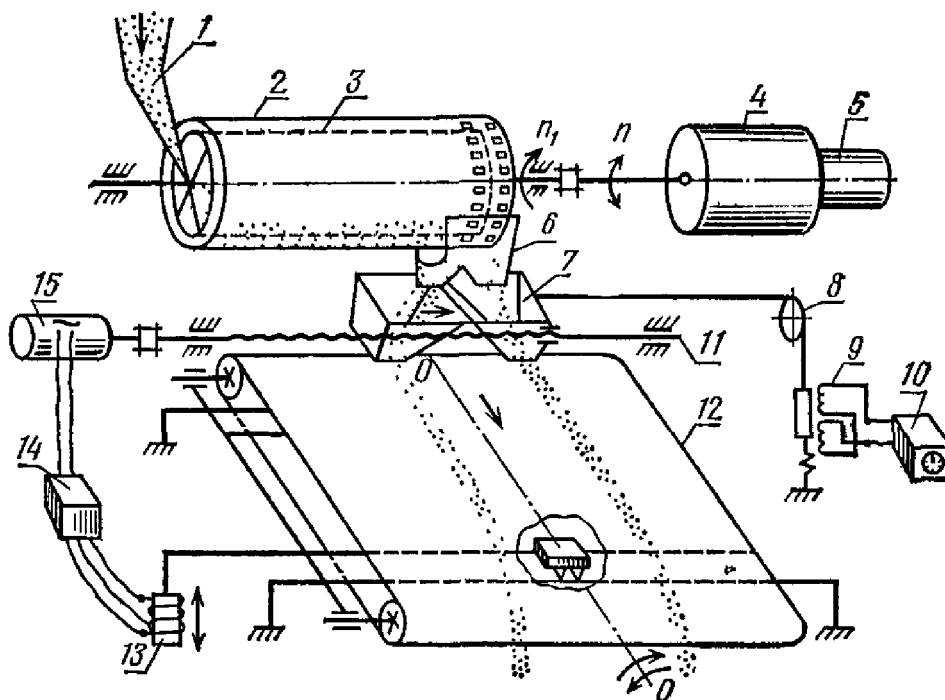


Рис. 2.22. Схема дисперсоаналізатора ДА-1:

1 – забірний пристрій; 2 – барабан; 3 – циліндричне сито; 4 – редуктор; 5 – двигун; 6 – нерухомі лійки; 7 – рухливі лійки; 8 – гнучка нитка; 9 – диференціальний датчик; 10 – вторинний прилад; 11 – гвинт; 13 – стрічкові ваги; 13 – індукційний датчик; 14 – підсилювач; 15 – реверсивний двигун.

Вихідний матеріал розділяється на дві фракції за допомогою циліндричного сита, що виконує складний обертально-коливальний рух. Співвідношення виходу фракцій вимірюється за допомогою стрічкових ваг 12. Поворот стрічки ваг біля осі 00 фіксується індукційним датчиком 13. Потім за допомогою фазочутливого підсилювача 14 і реверсивного двигуна 15 забезпечується переміщення лійок 7 до положення, коли ваги 12 зрівноважуються. Положення лійок визначає співвідношення проходивої і сходової фракцій.

Для контролю дисперсності продукту, що надходить у виробничий розсів, використовують відношення витрати окремих фракцій до витрати продукту, що надійшов на розсів. У цьому випадку застосовують лінійні частини залежностей виходу окремих фракцій розсіву від розміру витягу, обумовленого відношенням прохідного продукту до вихідного навішення при просіюванні на лабораторному ситі визначеного номера.

У ОТИПП імені М. В. Ломоносова (Росія) [23] також розроблено два пристрої (екран, що розділяє, і вібросепаратор із конічною ситовою поверхнею), за допомогою котрих увесь продукт, здрібнений на вальцовому верстаті, розділяється на дві фракції. Проходова фракція потім передається на розсів, а сходова фракція – на подальше опрацювання. Про ступінь здрібнювання судять по виходу прохідної фракції (вимірюють витратомірами) або по співвідношенню цих фракцій (вимірюють ваговим пристроєм).

Вимірвальний перетворювач чіткості сепарації.

Даний пристрій (А. с. № 1125069, автори – Діордієв В.Т., Орел В.М., Соловйов В.М.) розміщується в аспіраційних системах МКУ і призначений для безпосереднього визначення втрат зерна у повітряному потоку серед легких домішок та пилу. Він містить мембрану 3 (рис. 2.23) і базу 4, що утворюють повітряний конденсатор. База від корпусу 1 відділена ізолюючою прокладкою 2. Каскад, що узгоджує, призначений для перетворення змін ємності повітряного конденсатора в електричний сигнал, може бути виконаний у двох варіантах, які найбільш широко використовуються у конденсаторних мікрофонах, як-от: за схемою катодного повторювача (на нувісторах) та із застосуванням польових транзисторів.

Таким чином, пристрій являє собою конденсаторний прилад із затисненої мембраною, перевагами роботи якого є: висока чутливість, гарна перехідна характеристика, що виражає здатність вірно відтворювати імпульсні впливи, нечутливість до вібрацій і ударів об корпус, а також можливість виконання пило-вологозахищеного варіанта.

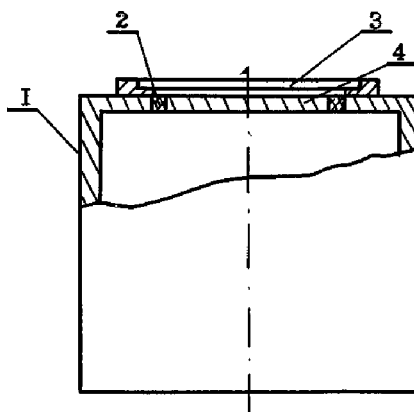


Рис. 2.23. Пристрій ВП чіткості сепарації.

Даний пристрій має оптимальне відношення параметрів (діаметра мембрани, її товщини і зазору повітряного конденсатора), при якому був досягнутий новий ефект конденсаторного ВП – реагування на появу зерна в повітряному потоку серед домішок, при нечутливості до впливу останніх.

Спостерігати дію даного ефекту можна за допомогою осцилограми (рис. 2.24), яка отримана при таких умовах.

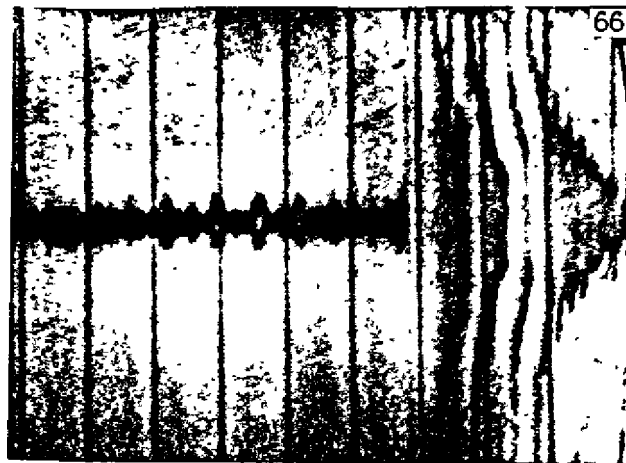


Рис. 2.24. Осцилограма сигналу ВП чіткості сепарації при впливі на його мембрану легких домішок і зерна.

ВП чіткості сепарації був встановлений у повітроводі на шляху прямування часток в аспіратор по різниці їх з основним матеріалом швидкостей витання. При прямуванні в повітряному потоці тільки легких домішок, їхнього механічного впливу недостатньо для скільки-небудь значного переміщення оптимізованої за розмірами мембрани, через що вихідний сигнал ВП практично відсутній. Якщо через будь-яку причину (флуктуація величини напруги живлення вентиляторів, подачі матеріалу, його природи, вологості і т.д.) в аспіраційну магістраль установки разом із домішками починався знос зерна, то воно, механічно впливаючи на мембрану з інтенсивністю, що перевершує у 5...7 разів дію відходів, розвивало зусилля, якого було цілком достатньо для коливання мембрани і, як слідство – появи вихідного сигналу, що показано на осцилограмі (рис. 2.24).

Вимірювальні пристрої рівня сипких та рідинних середовищ.

ВП рівня широко використовують на комбикормових підприємствах для контролю заповнення й випорожнення бункерів і силосів та контролю наявності руху продукту в самопливних трубах і норіях. Ці пристрої повинні відповідати вимогам високої експлуатаційної надійності, бути відносно дешевими і мати достатню чутливість.

Широким розходженням фізико-механічних властивостей зернових компонентів та комбікормів, можна пояснити розробку декількох типів таких вимірювальних перетворювачів [23].

Вимірювальний перетворювач рівня зерна МДУ-3. і сигналізатор рівня СУ-1Ф.

Мембранні ВП рівня типу МДУ широко застосовують для добре сипучих матеріалів. Вони працюють надійно в сухих помешканнях при низькій і середній вологості продукту. Розрізняють декілька модифікацій, найбільше досконала з яких МДУ-3 (рис. 2.25, а, б).

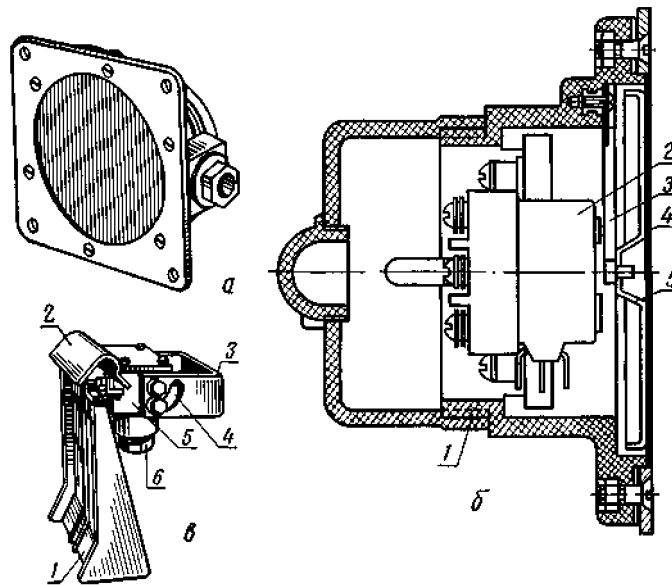


Рис. 2.25. ВП рівня зерна МДУ-3 і сигналізатор рівня СУ-1Ф:

а – датчик рівня МДУ-3, б – пристрій: 1 – пластмасовий корпус; 2 – мікроперемикач; 3 – пластинчаста пружина; 4 – мембрана; 5 – металева тарель; в – сигналізатор рівня СУ-1Ф: 1 – металевий прапорець; 2 – захисний козирок; 3 – кронштейн; 4 – паз для регулювання положення прапорця; 5 – корпус, 6 – штуцер з ущільненням для введення кабелю.

Чутливий елемент – тарель 5, що сприймає тиск матеріалу. Внутрішня частина корпусу 1 відділена від зовнішнього середовища мембраною 4 із прогумованої тканини. Тиск матеріалу врівноважує пластинчаста пружина 3, що забезпечує натискання на штовхач мікроперемикача 2. Повертається тарель у вихідне положення під дією пружини 3 і пружини мікроперемикача. Спрацьовує ВП при рівні зерна над центром мембрани менше 1,0 м.

Випускають такі модифікації ВП рівня МДУ-3: МДУ-3М і МДУ-3СМ. Мембранний ВП рівня МДУ-3М призначений для установки в бункерах із зовнішнього боку, самопливних трубах, на транспортерах і в норіях. На тильному боці пристрою є сигнальна лампа. ВП рівня МДУ-3СМ призначений для установки в бункерах. Для захисту від ушкодження при випусканні зерна із силосу, він

захищений металевим кожухом. Для виміру верхнього рівня ВП МДУ-ЗСМ установлюють на кронштейні з максимальною довжиною 1,9 м, що кріпиться у верхньому люці. Мембрана ВП розташована так, щоб потік продукту, що завантажується, не діяв на неї.

Сигналізатор рівня флажковий СУ-1Ф показаний на рис. 2.25,в. Чутливий елемент ВП – металевий прапорець 1, що повертається при тиску матеріалу проти годинної стрілки. У корпусі 5 розміщений мікроперемикач. Кріплять ВП біля стінки силосу або бункера кронштейном 3. Для установки прапорця у вертикальному положенні на кронштейні є паз 4 і фіксуючий болт. Для захисту прапорця від прямого влучення падаючого продукту встановлено козирок 2.

При заповненні бункера сипучим матеріалом прапорець відхиляється вправо і натисковим гвинтом включає мікроперемикач. Після звільнення прапорця він під дією власної маси і пружини мікроперемикача повертається у вихідне вертикальне положення

Сигналізатор рівня СУ-1Ф можна також застосовувати в самопливних трубах з діаметром не менше 160 мм. Зусилля спрацьовування, прикладене на кінці прапорця, складає не більш 0,5 Н. Мікроперемикач - МП-2101, виконання – пілозахисне.

Електронні вимірювальні перетворювачі рівня для важкосипких матеріалів.

Дані пристрої бувають двох типів: із зондом, що вібрує, і крильчаткою. У електронному блоці ВП із зондом, що вібрує, змонтовано два генератори (рис. 2.26,а). Перший надає пруткам зонду механічні коливання, другий сприймає загасання коливань при влученні продукту між вусами зонду. У якості вихідного елемента застосоване електромагнітне реле. Наявність вібрації стержнів зонду виключає налипання продукту і забезпечує високу експлуатаційну надійність роботи пристрою.

ВП з крильчаткою типу УКМ-Р (рис. 2.26, б) застосовують у комбікормовому виробництві для контролю рівня важкосипких матеріалів.

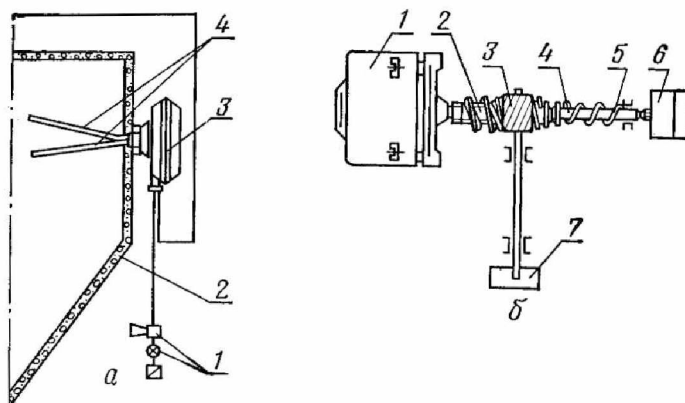


Рис. 2.26. ВП рівня для важкосипких матеріалів:

а – із зондом, що вібрує: 1 – звукова і світлова сигналізація; 2 – бункер із продуктом; 3 – електронний блок; 4 зонд, що -вібрує; б – типу УКМ-Р із крильчаткою: 1 – синхронний електродвигун СД-54; 2 – черв'як; 3 – черв'ячне колесо; 4 – штовхач; 5 – пружина; 6-мікроперемикач; 7 – крильчатка.

Чутливий елемент пристрою – крильчатка, що приводиться до обертання мікроелектродвигуном за допомогою черв'ячної передачі. При зануренні крильчатки 7 у продукт, черв'як 2, що обертається, буде переміщатися стосовно нерухомого черв'ячного колеса вправо. Пружина 5 стискується, а штовхач 4 включає мікроперемикач 6. При звільненні крильчатки від продукту пружина 5 повертає черв'як у вихідне положення, штовхач звільняє мікроперемикач, двигун включається і крильчатка починає обертатися. Мікроперемикач 6 також включає сигнальні лампи й апаратуру керування.

ВП УКМ-Р можна монтувати в горизонтальному, вертикальному і похилому положеннях.

Так як останнім часом при розробці систем автоматизації широкого застосування набули технічні засоби автоматизації виробництва провідних фірм, а саме: Siemens, Omron, SCAIME і їхня продукція зареєстрована у Державному реєстрі засобів вимірів і допущена до застосування в Російській Федерації і Україні, розглянемо також деякі основні із пристроїв.

Радарний рівнемір SITRANS LR фірми Siemens.

Радарний рівнемір SITRANS LR (рис. 2.27) використовується для виміру рівня рідин і сипучих матеріалів. Принцип виміру майже не залежить від температури і тиску. Пристрій обчислює заповнений обсяг по введеній таблиці залежності обсягу від рівня. Маса також може бути обчислена, якщо зазначена щільність матеріалу. Основними областями застосування SITRANS LR є:

- хімічна промисловість,
- нафтохімічна промисловість,
- фармацевтична промисловість,
- сільське господарство.



Рис. 2.27. Радарний рівнемір SITRANS LR фірми Siemens.

Технічні характеристики

Діапазон виміру: до 45 м (від нижньої крайки антени);
Аналоговий вихід: 4-20 мВ ;
Цифровий вихід: конфігурується для передачі значень (рівень, об'єм, маса) або стану пристрою;
Точність вимірів по місцевому ЖК дисплею/HART протоколу:
15 мм для відстані 0-2 м;
5 мм для відстані 2-10м ;
Точність виміру аналогового виходу: додатково $\pm 0,1\%$ від обмірюваного значення.

Умови експлуатації

Діапазон температури фланця: від -40 до +100°C;
Ступінь захисту: IP 65;
Електромагнітна сумісність: стійкість до перешкод;
Робочий діапазон температур:
для перетворювача від -40 до +65°C,;
для індикатора від -20 до +55°C.

Радарний рівнемір SITRANS P фірми Siemens.

Прилад SITRANS P (рис. 2.28) існує в стандартному виконанні, варіанті Smart (із використанням HART) і з підключенням PROFIBUSPA. При цьому існує можливість безступінчастого перенастроювання діапазону з використанням вмонтованих клавiш або резисторів із перемичками.



Рис. 2.28. Радарний рівнемір SITRANS P фірми Siemens.

Технічні характеристики

Стандартне керування: вихідний сигнал 4-20 мВ;
Застосування: в Zone 1;
Виконання електроустаткування: вибухозахисне.

Вимірювальні перетворювачі рівня фірми Omron.

Ці пристрої зображено на рис. 2.29.

Тип ВП: ємнісний, кондуктивний;

Тип субстанцій що вимірюються: будь-які плоскі поверхні, що проводять і не проводять матеріали, рідини, що проводять.



Рис. 2.29. Вимірювальні перетворювачі рівня фірми Omron.

Діапазон вимірів: 0,2 - 3 м;

Тип вихідного сигналу: струмовий 4 - 20 мА або замикання контактів реле;

Діапазон робочих температур: від -20 до +55 °С;

Живлення: зовнішнє 110 / 220 В або 24 В (у залежності від варіанту виконання).

Вимірювальні пристрої витрати.

В системах автоматичного контролю і керування необхідно вимірювати витрату сипучих матеріалів, рідин і газів. Для виміру витрати газів і добре сипучих рідин застосовують такі загальнопромислові засоби: пристрої, що звужують, із диференціальними манометрами та ротаметри. Для виміру витрати сипучих матеріалів і рідин із високою грузлістю (жир, меліса, тощо), застосовують спеціальні засоби, а саме: автоматичні ваги, керовані таймером, лоткові і відцентрові витратоміри і витратоміри – дозатори для сипучих матеріалів, об'ємні й індукційні витратоміри для рідин із високою грузлістю.

Далі наведено дані про вимірювальні пристрої витрати спеціального призначення.

Витратоміри і дозатори лоткового типу.

Їх застосовують на елеваторах, борошномельних і комбікормових заводах для добре сипучих продуктів.

Витратомір вібрлотковий подвійний (РВД) розроблений у ВНДІЗ (Росія). Його чутливий елемент – нахилений лоток 7 (рис. 2.30, а), по якому переміщається контрольований потік продукту.

Чутливий елемент витратоміру – індуктивний перетворювач 2, що вимірює переміщення лотка під дією потоку матеріалу. Це переміщення пропорційно нормальній складовій N маси продукту, що знаходиться в даний момент на лотку. Між силою N і масовою витратою продукту G є така функціональна залежність

$$N = G(v \cos \beta + \frac{2gL \cos \alpha}{v_0 + v_K}),$$

де v – швидкість падіння продукту на лоток, м/із;

β - кут падіння, град;

L – довжина робочої ділянки вібралотка, м;

α – кут нахилу лотка до горизонтальної площини, град;

$v_{\text{про}}$ і $v_{\text{до}}$ – швидкість потоку матеріалу на початку і кінці лотка.

Для усунення впливу коефіцієнта тертя матеріалу об лоток у витратомірі РВД застосовують вібрацію лотка за допомогою електромагнітного вібратора 4. У якості вторинного, застосовують прилад диференційно-трансформаторного типу.

Сам витратомір РВД показаний на рис. 2.30,б. Потік продукту, витрата якого визначається положенням секторної заслінки 2, по направляючій самопливній трубі 7 поступає на вимірювальний вібралоток 8. Зусилля, що врівноважує лоток створюється пружинами, на яких він кріпиться. Залежність показань вторинного приладу від масової витрати практично лінійна.

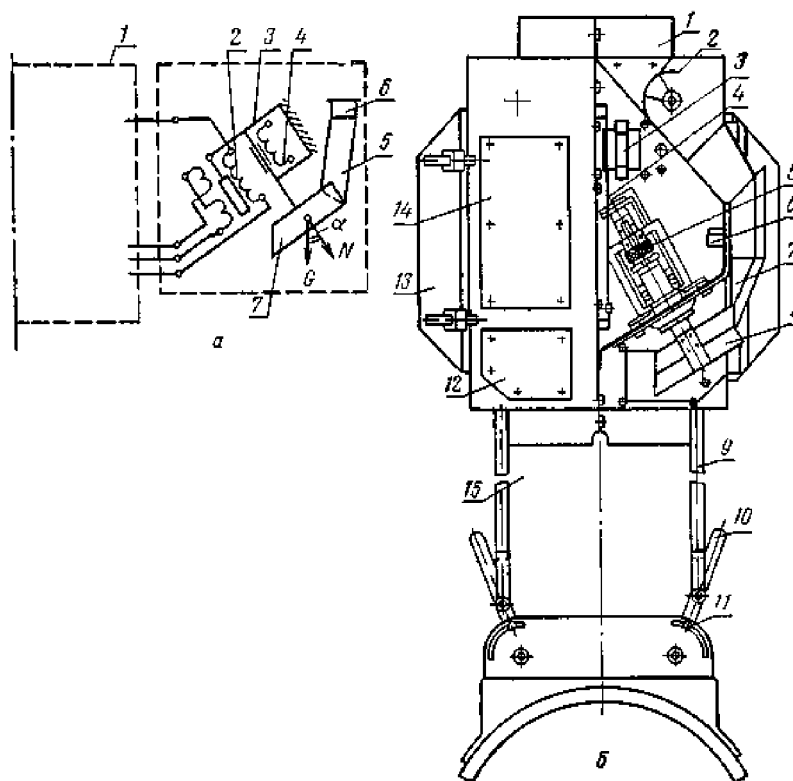


Рис. 2.30. Вібралотковий витратомір РВД:

а – принципова електрична схема; 1-вторинний прилад; 2 – індуктивний перетворювач; 3 – плоскі пружини; 4 – вібратор; 5 – направляюча самопливна труба; 6 – лоток, що живить, 7 – лоток, що вібрує; б – датчик витратоміру РВД: 1 – корпус; 2 – секторна заслінка; 3 – клемний набір; 4 – схил; 5 – вимірювальний пристрій; 6 – тарувальний вантаж; труба; 8 – вібралоток; 9 – тяга; 10 – важіль; 11 – затискний пристрій; 12 – оглядове вікно; 13, 14 – знімні кришки; 15-накопичувальний бункер над вальцовим верстатом.

Характер перехідного процесу в чутливому елементі витратоміру РВД залежить від витрати матеріалу, маси лотка, жорсткості пружин і параметрів масляного демпфера. При

відключеному демпфері, лоток – коливальна ланка, а при працюючому демпфері – аперіодична.

Витратомір грузлих рідин типу УИТЖД-10-6.

Цей пристрій (рис. 2.31) призначений для контролю витрати й урахуванню кількості жиру неагресивного складу типу риб'ячого, китового, тюленевого та іншого при введенні його до складу комбікормів.

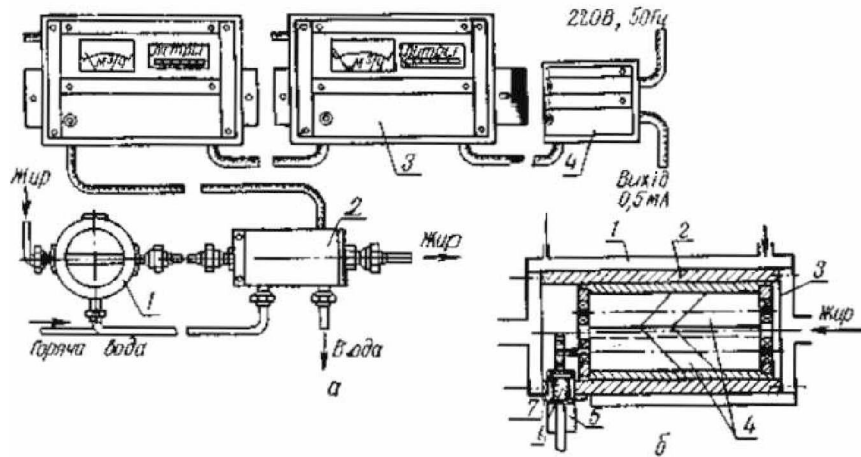


Рис. 2.31. Витратомір УИТЖД-10-6 для грузлих рідин:

а -схема з'єднання блоків УИТЖД. -10-6: 1 – фільтр для рідини, що обігрівається ФЖО; 2 – вимірювач обсягу ВЖОД-10-6; 3 -показчик розрахунковий УС-1; 4 – перетворювач що нормує ПН5-3; б – вимірювач обсягу: 1- сорочка для обігріву; 2 – корпус; 3 – кришка; 4 – гвинти; 5 – частотно-індуктивний перетворювач; 5 – котушка індуктивності; 7 – диск.

Пристрій складається з таких чотирьох блоків: фільтру рідини що обігрівається ФЖО, вимірювача обсягу ВЖОД, показчика рахункового УС-1 і перетворювача що нормує ПН5-3. Схема з'єднання блоків показана на рис. 2.31, а.

Фільтр призначений для очищення технічного жиру від механічних домішок перед надходженням його в лічильник рідини. Він складається з корпусу, фільтрокорзини і кришки. Корпус фільтра підігрівається гарячою водою.

Вимірювач обсягу (рис. 2.31,б) складається з гвинтів 4, корпусу 2, кришок 3 і перетворювача частотно-індукційного 5. Корпус вимірювача обсягу підігрівається за допомогою сорочки 1.

Частотно-індукційний перетворювач призначений для перетворення швидкості обертання ротору вимірювача обсягу в пропорційну кількість електричних імпульсів. Він складається з постійного магніту, на який насаджена котушка індуктивності, і

диску, на бічній поверхні якого закріплені два магніти, розташовані діаметрально протилежно.

Показчик рахунковий складається з мікроамперметра зі шкалою миттєвої витрати (л/год), суматора і блоків: нормування, корекції, масштабування і живлення.

Імпульси з виходу первинного перетворювача поступають на вхід блоку нормування, де сигнал перетвориться в прямокутні імпульси негативної полярності, які поступають на вхід блоку масштабування. Цей блок забезпечує відповідність одиниці витрати показника одному оберту ротора.

З виходу блоку масштабування сигнал поступає на вхід блоку корекції, призначеного для корекції похибки установки. Ці імпульси підсумовуються з імпульсами блоку масштабування і поступають на вхід лічильника суми.

Працює установка таким чином. Жир під тиском поступає у фільтр для очищення від механічних домішок і потім направляється до вимірювача обсягу. При проходженні через камеру вимірювача обсягу жир призводить в обертання робочі гвинти 4 (рис. 2.31,б). Об'ємна кількість жиру вимірюється в результаті періодичного відсікання визначених обсягів рідини, укладеної між поверхнею гвинтів і стінками вимірювальної камери.

Урахування кількості рідини, яка пройшла через вимірювач обсягу, базується на обліку частоти обертання головного гвинта ротора. Швидкість обертання гвинта передається за допомогою зубцевого диску частотно-індукційному перетворювачу, що перетворює частоту обертання в електричні імпульси, частота яких пропорційна об'ємній витраті жиру. У рахунковому показнику УС-1 інформація масштабується і видається на стрілочний прилад витрати і лічильник кількості жиру, що пройшов через вимірювач обсягів.

Сигнали з частотно-індукційного перетворювача через показчик рахунковий УС-1 потрапляють на нормуючий перетворювач ПН5-3, де перетворюється в пропорційний витратам жиру уніфікований сигнал постійного струму від 0 до 5 мА.

Межа виміру витрати жиру на установці УИТЖД-10-6 складає 0,8-1,2 м³/год, робочий тиск рідини 0,6 МПа, температура жиру 50-70 С. Клас точності виміру витрати 2,5, а виміру кількості – 1,0.

Ультразвуковий витратомір SITRANS F фірми Siemens.

Ультразвуковий витратомір SITRANS F (рис. 2.32) призначений для виміру витрати рідин як провідних, так і тих, що не проводять. Завдяки новому шестигранному шляху променя точність не залежить від типу потоку. Температура, щільність, грузлість і провідність середовища також не впливають на результат виміру. Для спостереження за якістю продукту швидкість прямування ультразвука

в середовищі може бути зчитана. Підтримує інтерфейси HART і PROFIBUSPA. SITRANS F застосовується в хімії, нафтохімії, фармацевтиці, енергетиці і харчовій промисловості. Для застосування у вибухонебезпечних умовах існують спеціальні виконання: II 2G Eex dem [ib], IIC T6 II 2G Eex dem та IIC T6 II 2G Eex d IIC T6.



Рис. 2.32. Ультразвуковий витратомір SITRANS F фірми Siemens.

Технічні характеристики

Діаметр і максимальна витрата:

DN 25/1" - 17 м³/год;

DN 50/2" - 70 м³/год;

DN 80/3" - 180 м³/год;

DN 100/4" - 300 м³/год;

Аналоговий вихід 4-20 мВ;

Цифровий вихід 1: імпульс (за витратами), частота (за витратами) або стан приладу;

Цифровий вихід 2: реле, стан приладу, напрямок потоку або перевищення граничного значення (за витратами, температурі, швидкості ультразвука в середовищі або амплітуді сигналу).

Точність виміру імпульсного виходу:

менше $\pm 0,5\%$ у діапазоні 1:25;

менше $\pm 1\%$ у діапазоні 1:100;

Точність виміру аналогового виходу: додатково $\pm 0,1\%$ від значення (± 20 мк).

Умови експлуатації

Ступінь захисту: IP65;

Температура середовища, що вимірюється: від -20 до +180 °С по запиту.

Робочий діапазон температур:

для перетворювача від -20 до +65 °С;

для індикатора від 0 до +50 °С.

Вимірювальні пристрої ваги.

Вимірювальний перетворювач об'ємної маси.

Даний вимірювальний перетворювач призначений для визначення у потоці значення об'ємної маси вихідних компонентів комбікормів [26]. Пристрій уявляє собою ВП із дистанційним розвантаженням вимірювальної камери (рис. 2.33).

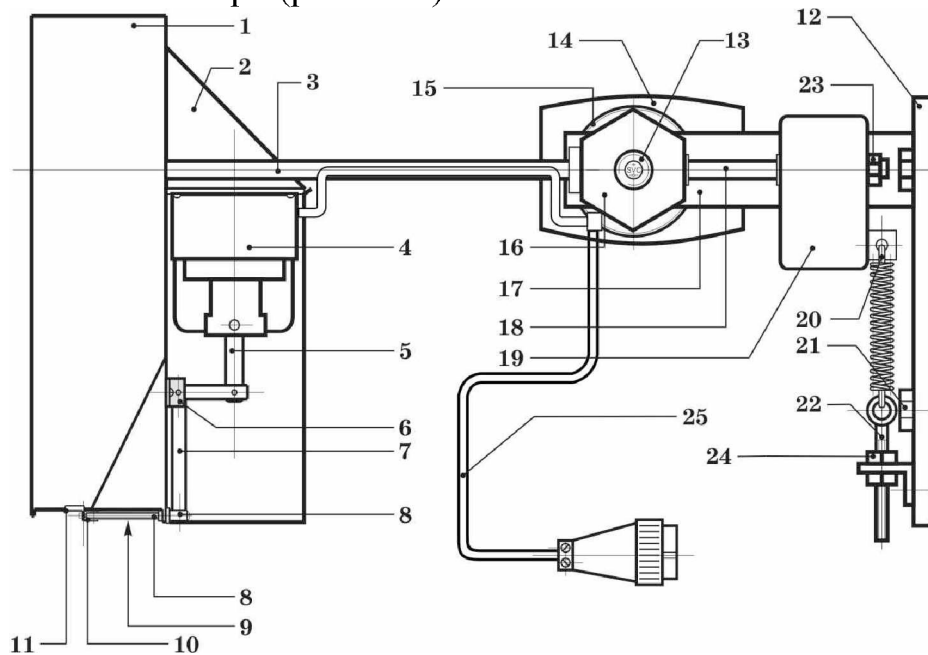


Рис. 2.33. Вимірювальний перетворювач об'ємної ваги.

Перетворювач складається з вертикально розташованої камери 1, у яку насипається порція компонента. Для зменшення впливу сводоутворення на точність вимірів, розміри бункера (50×50×210) підібрані таким чином, що його поперечний перетин є значно меншим за висоту. Камера на двох штангах 3 прикріплена до вузла підвісу 16, посадженому на вісь 13. Остання має можливість обертання в П-образному кронштейні 17, жорстко з'єднаному з кріпленням 12. З протилежної сторони вузол підвісу з'єднаний зі штангою-противагою 18, на кінці якої розташований вантаж 19 з можливістю переміщення по штанзі. Положення вантажу фіксується гайкою 23. Крім цього, до вантажу приєднана компенсуюча пружина 20, яка з'єднана з регульовальним гвинтом 22. Наявність можливості регулювання положення вантажу дозволяє компенсувати вагу самої камери, а регулювання зусилля пружини дає змогу досягти необхідної точності вимірів. Вузол регулювання зусилля пружини може змінювати своє положення, що дозволяє монтувати ВП у вертикальній і горизонтальній площинах. На осі 13 вузла підвісу закріплена шестерня 15, яка підвищує передачу з відношенням 30:1 із другою шестернею, встановленою на валику резистора типу СППВ-1-3 опором 550 кОм. Резистор і передача закриті герметичним кожухом 14. Вимірювальна камера має рухливе дно 11, яке за допомогою регульовальних гайок 10 жорстко з'єднане зі штангами 9, які

переміщуються в направляючих 8. Штанги шарнірно з'єднані з обертовим у кронштейні 6 храповиком 7, який за допомогою тяги 5 з'єднаний з електромагнітом 4. Описана вище система, закрита кожухом 2, перетворює поступальне прямування сердечника електромагніта у вертикальній площині в прямування дна в горизонтальній площині.

Кінці котушки електромагніта і змінного резистора виконані і підключені до ліній зв'язку гнучким багатожильним кабелем 25.

Процес виміру відбувається таким чином. Під дією приміщеного у вимірювальній бункер компонента порушується рівновага рухливої системи й інформація про розмір переміщення бункера, знімається з резистора, розташованого на осі 13, розмір опору якого пропорційний масі сировини у бункері 1. З урахуванням того, що в бункері знаходиться однаковий обсяг компонента, то розмір опору залежить від його об'ємної маси, що враховується при настройці дозуючих вузлів комбікормового агрегату. Після виконання вимірів об'ємної маси компонента на електромагніт подається живлення, в результаті чого рухливе дно камери відкривається, матеріал з неї видаляється і пристрій знову готовий до роботи.

Вимірювальний перетворювач ваги із цифровою індикацією PAX-S, що програмується фірми SCAIME.

Даний прилад показано на рис. 2.34.



Рис. 2.34. Вимірювальний перетворювач ваги фірми SCAIME.

Пристрій має такі характеристики:

Число паралельно підключених каналів: до 6;

Лінеаризація: по 16 точках;

Точність виміру: 0,03 % ;

Частота перетворення: 20 вимірів/с;

Програмування: з передньої панелі і зовнішнього комп'ютера;

Варіанти вихідного сигналу: напруга 0...10 В, струм 4...20 мА;

Інтегрування за часом ;

Діапазон робочих температур: 0...+50°C.

Вимірювальний перетворювач ваги SMJ-PE фірми SPAIME.

Цей прилад зображено на рис. 2.35.



Рис. 2.35. Вимірювальний перетворювач ваги SMJ-CE фірми SPAIME.

Прилад має наступні характеристики:

Забезпечує підключення до 6 паралельно з'єднаних каналів;

Ступінь захисту: IP67;

Програмування: з передньої панелі;

Частота перетворення: 50 вимірів/с;

Варіанти вихідного сигналу: напруга 0...10 В, струм 4...20 мА, рівнобіжний код;

Діапазон робочих температур: від -10 до +40°C.

Вимірювальний перетворювач ваги PMJ фірми SPAIME.

Даний прилад показано на рис. 2.36.



Рис. 2.36. Вимірювальний перетворювач ваги SMJ фірми SPAIME.

Характеристики пристрою наступні:

Число паралельно сполучених каналів: до 4;
Частота перетворення: до 2000 опитувань/с;
Віддалений контроль: через розташований позаду клемник і по інтерфейсу RS-232C;
Варіанти вихідного сигналу: напруга $\pm 0 \dots 10$ В, струм $4 \dots 20$ мА, рівнобіжний код;
Діапазон робочих температур: від -5 до $+40^\circ\text{C}$;
Три варіанти виконання: плата для вмонтованих застосувань, у захисному корпусі (ступінь захисту IP65);
Напруга живлення: 24 В;
Діапазон робочих температур: від 0 до $+70^\circ\text{C}$.

Вимірювальні перетворювачі тиску.

ВП тиску серії Z фірми Siemens.

Вимірювальні перетворювачі цієї серії можуть бути використані для вирішення задач, що не потребують високої точності виміру, а також перенастройки діапазону виміру в процесі експлуатації. Вони призначені для виміру відносного й абсолютного тиску газів, рідин і пару в енергетичній і машинобудівній індустрії, системах водопостачання і т.п. ВП тиску серії Z що зображений на рис. 2.37.



Рис. 2.37. ВП тиску серії Z фірми Siemens.

Він складається з тонкоплівкового вимірювального осередку з керамічною мембраною й електронною схемою, що умонтовані в корпус із нержавіючої сталі. Електричне підключення здійснюється через кутове штепсельне з'єднання. Даний пристрій має такі характеристики:

Діапазон виміру: від 0 до 4000 кПа;
Вихідний сигнал: 4-20 мВ;
Напруга живлення: від 10 до 36 В пост. струму;
Максимальна похибка виміру: не більше 0,25% від повної шкали;
Діапазон робочих температур: від -25 до $+85^\circ\text{C}$;
Температура контрольованого середовища: від -30 до $+120^\circ\text{C}$;
Маса: біля 0,25 кг;
Ступінь захисту корпуса: IP65.

Інтелектуальні вимірювальні перетворювачі тиску.

Інтелектуальні ВП відносяться до приладів нового покоління [3, 21]. Ці прилади на відміну від традиційних пристроїв з аналоговим вихідним сигналом дозволяють здійснювати безпосереднє обчислення параметру, що вимірюється, з корекцією на зміни умов експлуатації (тиск, температура й ін.); мають цифрову форму сигналу, можливість роботи в режимі діалогу, двосторонню передачу цифрових даних, наявність самодіагностики для забезпечення правильної роботи приладу, автоматичне протоколювання результатів вимірів за умови використання відповідних устроїв виводу даних. Дані про передатну функцію між входом і виходом, структуру і параметри ВП, закладені в пам'яті. Тому структурування і параметрування ВП може відбуватися з центрального пульта по визначеній програмі в реальному масштабі часу.

Крім того, інтелектуальні ВП мають більш широкий діапазон виміру, більш високу точність, підвищену надійність через відсутність у схемах приладів перемикачів, електролітичних конденсаторів і інших елементів, характерних для аналогових приладів.

У 1989 р. фірма Rosemount Inc. (Швейцарія) випустила невелику партію нових інтелектуальних ВП надлишкового і диференціального тиску мод. 2051. Ці прилади виконані з урахуванням новітніх досягнень у сенсорній, мікроелектронній і мікропроцесорній техніці, задовольняють зрослим вимогам, що висуваються через ВП останнім часом. Наявність мікропроцесора в ВП забезпечує високу точність виміру ($\pm 0,1\%$), гнучкість у переключенні границь виміру, дистанційний зв'язок між встановленими приладами на об'єкті й АСУ, а також автоматичну діагностику несправностей ВП.

Принцип дії цих приладів заснований на тому, що тиск вимірювального середовища через розділювальну мембрану і рідкий наповнювач (силіконова олія) передається до вимірювальної мембрани, розташованої в центрі осередку. Положення вимірювальної мембрани визначається обкладками конденсатора, розташованими по обидва боки мембрани. Різниця ємностей між вимірювальною мембраною й обкладками конденсатора, а також визначена температура, сенсором перетворюється в цифровий код, що використовується для корекції і лінеаризації у мікропроцесорі. Ємнісний вимірювальний осередок ізольовано механічно, електрично і термічно від впливу середовища, що вимірюється, і від зовнішніх умов.

Механічна ізоляція досягається шляхом віддалення ємнісного осередку від фланців і середовища, що вимірюється, і розташуванням його в середині блока з електронними схемами. Така конструкція

виключає механічні впливи на осередок з боку лінії високого тиску і покращує статичні характеристики.

Електрична ізоляція досягається за рахунок використання трубок із скляною герметизацією для передачі тиску й ізольованих елементів монтажу осередку. Завдяки такій ізоляції поліпшуються гнучкість і технічні характеристики електронних схем, забезпечується захист від впливу сплесків напруги.

Теплова ізоляція досягається також за допомогою видалення ємнісного осередку від середовища, що вимірюється, й установки сенсора температури. Така ізоляція дозволяє компенсувати теплові ефекти і використовувати ВП при температурі середовища, що вимірюється, до 175 °С.

Діапазон виміру ВП від (0-0,25) кПа до (0-13,79) МПа, температура середовища, що вимірюється, -40...+175 °С, навколишнього середовища від -40 до +85 °С; гранично припустимий робочий надлишковий тиск 25 МПа; маса 7...8 кг.

Функціональна блок-схема ВП мод. 2051 подана на рис. 2.38. Вона складається з двох електронних модулів: блока, що забезпечує індивідуальність характеристик ВП, і блоку зв'язку.

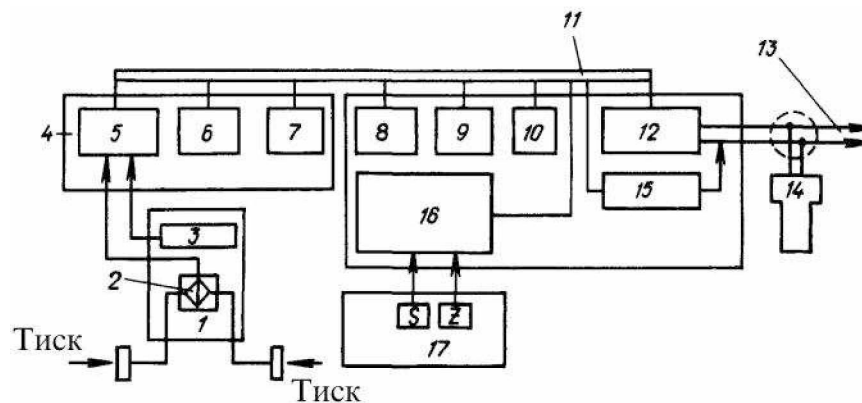


Рис. 2.38. Функціональна блок-схема ВП моделі 2051:

1 - вимірювальний блок; 2 - ємнісний вимірювальний осередок; 3 - сенсор температури; 4 - блок, що забезпечує формування індивідуальних характеристик ВП. 5 - аналого-цифровий перетворювач; 6 - ППЗУ програм ВП моделі 3051; 7 - ППЗУ модуля чутливого елемента; 8 - ППЗУ програм ВП різноманітних моделей; 9 - енергонезалежне ЗУ (ЕСПЗУ); 10 - оперативний устрій, що запам'ятовує, (ОЗУ); 11 - шина; 12 - цифроаналоговий перетворювач, 13 – цифровий вихід, 14 - термінал моделі 268; 15 - блок зв'язку; 16 - мікропроцесор; 17 – панель кнопок виміри і 0.

Схема блоку індивідуальних характеристик ВП перетворює ємнісний аналоговий вхідної сигнал, що надходить від чутливого елемента, в цифровий сигнал для його подальшої обробки вихідними електронними схемами зв'язку. Схема блоку зв'язку містить мікропроцесор, енергонезалежний ЗУ і цифроаналоговий

перетворювач. Ця схема корегує цифровий сигнал ВП і перетворює його в струмовий вихідний сигнал 4-20 мА. Крім того, схема блоку зв'язку здійснює безпосередній зв'язок із терміналом і АСУТП.

Дані про конфігурацію ВП зберігаються в енергонезалежному ПЗУ, зберігаються вони і при перериванні живлення. Тому переналаштування діапазону виміру ВП у співвідношенні 27:1 здійснюється без втрати інформації.

Інтерфейсом для всіх інтелектуальних ВП фірми Rosemount Inc. є термінал мод. 268, що здійснює цифровий зв'язок за допомогою протоколу HART, побудованого на методі маніпулювання зсуву частоти, що відповідає галузевому стандарту Bell 202. Зв'язок здійснюється шляхом накладення високочастотного сигналу на вихідний сигнал. Реалізація цього методу дозволяє одночасно здійснювати зв'язок і вивід сигналу без порушення цілісності контуру. За допомогою терміналу забезпечується двосторонній зв'язок між обслуговуючим персоналом і ВП, а також виконання таких функцій, як діагностування несправностей ВП, терміналу і вимірювального контуру, завдання конфігурації і завдання формату (даних). Дані про конфігурацію зберігається в пам'яті терміналу до підключення до приладу і для подальшого запису цих даних у прилад.

Функціональна блок-схема терміналу мод. 268 представлена на рис. 2.39.

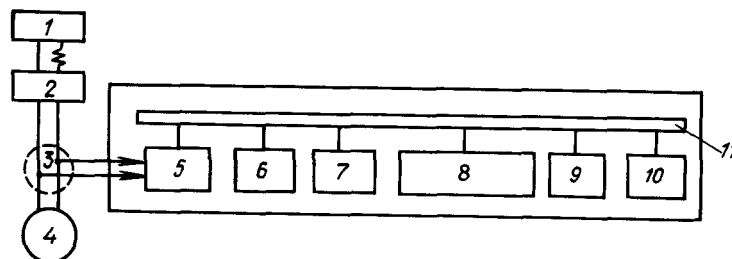


Рис. 2.39. Структурна схема ручного терміналу моделі 268:

1 - джерело живлення, 2 - бар'єр безпеки; 3 - точка для підключення, кінцевого навантаження в сигнальному контурі 4-20 м; 4 - інтелектуальний ВП; 5 - МОДЕМ (модулятор-демодулятор); 6 - дисплей; 7 - клавіатура; 8 - мікропроцесор; 9 - ПЗУ; 10 - ОЗУ; 11 - шина.

Термінал мод. 268 виконується у вигляді ручного рахункового устрою з живленням від п'ятох батарей, має дисплей у 4 строки на 20 знаків.

Мембранна клавіатура інтерфейсу крім набору буквено-цифрових клавіш має десять функціональних клавіш (шість спеціалізованих і чотири з програмним забезпеченням).

Фірма Rosemount Inc. поставляє на інтелектуальні ВП протокол HART (Highway Adressable Remote Transducer), що дозволяє споживачам з'єднувати прилади різноманітних фірм у систему без додаткового узгодження або переробки протоколу.

Розвитку інтелектуальних ВП у світі надається великого значення і тому з кожним роком збільшується кількість фірм, що поставляють їх на світовий ринок. Це пояснюється насамперед тим, що вони в порівнянні з аналоговими ВП мають більш високу точність виміру, можливість компенсації впливу деяких зовнішніх факторів (температура і т.д.) на точність, функціонування в діалоговому режимі, контроль працездатності ВП, автоматичне протоколювання результатів вимірів за умови використання відповідних устроїв виводу даних, можливість постійної самодіагностики, високу надійність формування вихідного сигналу.

ВП наближення та наявності.

ВП наближення фірми Omron.

Фірмою Omron випускаються декілька моделей ВП наближення (рис.2.40), що різняться між собою по конструкції і зоні спрацьовування. Виробляються прямокутні і циліндричні пристрої. Всі моделі призначені для детектування об'єкта в зоні чутливості ВП. Ці пристрої мають ключовий вихід *rpr* або *prp* типу. Живлення ВП здійснюється напругою постійного або змінного струму. Всі моделі мають світлодіодний індикатор живлення і спрацьовування, деякі з них мають регулювання чутливості.



Рис. 2.40. Індуктивні ВП наближення фірми Omron.

Зона чутливості: 0,8 - 20 мм;
Напруга живлення: 10 - 40 В постійного струму, 20 -24 В перемінного струму;
Схема підключення: 2, 3 провідна;
Частота спрацьовування: 0,1 - 3 кГц;
Тип виходу: ключовий, *rpr* або *prp* типу;
Матеріал виготовлення: ABS - пластик, нікельована латунь, нержавіюча сталь;
Ступінь захисту: IP66, IP67;
Діапазон робочих температур: від -25 до +70 °С.

Прямокутні ВП наявності об'єкта фірми Omron.

Універсальні фотоелектричні ВП (рис. 2.41) призначені для визначення наявності об'єкта. Випускаються в пластиковому або

металевому корпусу, також є модифікації для монтажу у вертикальній і горизонтальній площинах. До основних переваг цієї серії можна віднести малий час спрацьовування, можливість визначення кольору, форми, положення об'єкта, а також можливість виявляти і здійснювати ідентифікацію міток. Крім цього, більшість моделей дозволяють регулювати чутливість. Деякі моделі мають режим запам'ятовування. Стандартом є наявність світлодіодних індикаторів режиму роботи (включений/виключений/чекання) і захоплення. Частина ВП має вмонтовані функції самонастроювання і самодіагностики. Всі пристрої мають захист від короткого замикання і переполюсовки.



Рис. 2.41. ВП визначення наявності об'єкта фірми Omron.

Технічна характеристика

Робочий елемент: інфрачервоний світлодіод, червоний світлодіод;

Система, що фокусує: полікарбонатна або акрилова лінза;

Напруга живлення: 10-30 В постійного струму; 24-240 В перемінного струму;

Вихідний каскад: *pnp*, *nnp*, реле;

Діапазон робочих температур: від -25 до +55 °С;

Вологість: 35 - 85%;

Ступінь захисту: IP66, IP67;

Матеріал виготовлення: ABS- пластик, легкий сплав.

Прецизійний лазерний ВП наближення серії Z4M фірми Omron.

Цей прилад (рис. 2.42) виконано на основі напівпровідникового лазера з довжиною хвилі 780 нм.



Рис. 2.42. Лазерний ВП наближення фірми Omron.

Технічна характеристика

Зона чутливості: 0-300 мм;
Напруга живлення: 12-24 В постійного струму;
Вихідний каскад: *pn* або аналоговий сигнал 4 - 20 мВ;
Діапазон робочих температур: -10 ...+55 ° С;
Вологість: 35 - 85%;
Ступінь захисту: IP40 ;
Матеріал виготовлення: алюмінієвий сплав.

Вимірювальні перетворювачі температури

Пряма термопара по із єднальною голівкою фірми Siemens
Цей пристрій показано на рис. 2.43.

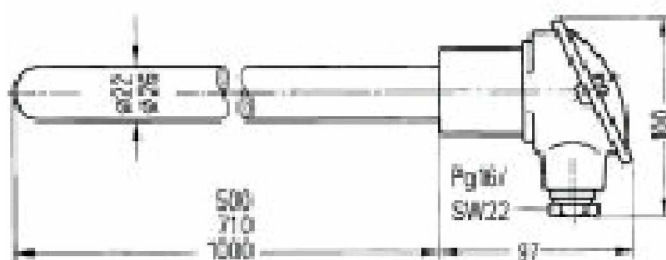


Рис. 2.43. Пряма термопара фірми Siemens.

Технічна характеристика

Діапазон температур: 0 - 125°C;
Сенсор: типу К (Ni, Cr/Ni);
Захисна трубка: високоякісна сталь;
Ступінь захисту: IP54.

Термометри опору фірми Siemens.

Даний пристрій приведено на рис. 2.44.

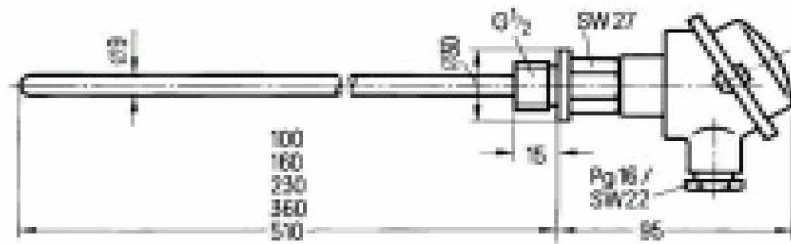


Рис. А

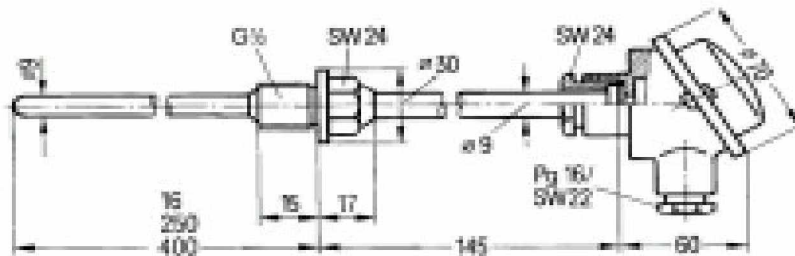


Рис. Б

Рис. 2.44. Термометри опору фірми Siemens.

Технічна характеристика

Діапазон температур: від -50 до 400°C ;

Сенсор: Pt 100, клас точності В ;

Захисна трубка:

тип В по DIN 43 763;

циліндрична, $\varnothing 9$ мм;

матеріал Х 6 (Cr/Ni/Mo/Ti);

Гвинтова цапфа: матеріал Х 6 (Cr/Ni/Mo/Ti);

Термометр опору для вологих помешкань фірми Siemens.

Цей пристрій приведено на рис. 2.45.

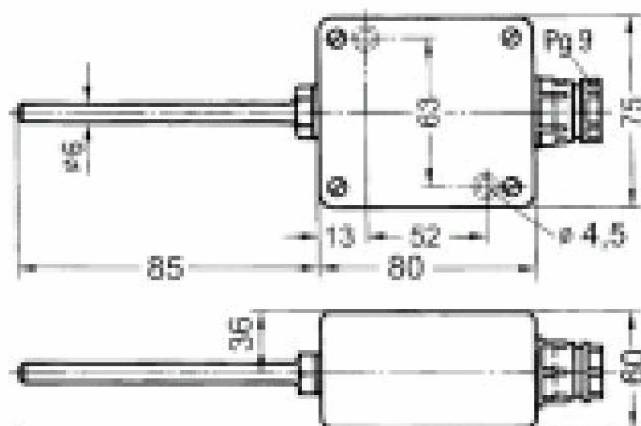


Рис. 2.45. Термометр опору для вологих помешкань Siemens.

Технічна характеристика

Діапазон температур: від -30 до 60°C ;

Сенсор: тип Pt 100, клас точності В ;

Захисна трубка:
циліндрична, \varnothing 6 мм;
нержавіюча сталь;
Ступінь захисту: IP65.

Комутатори

При наявності великого числа вимірювальних перетворювачів і виконавчих механізмів стає неможливим приєднати кожний із них до каналу зв'язку з керуючою машиною. У цьому випадку використовується комутатор, основне призначення якого полягає в роздільному у часі підключенні одного із сукупності вимірювальних перетворювачів до входу приймача інформації або підключенні виходу приймача інформації до одного із сукупності виконавчих механізмів. Комутатори в даний час виконуються багатоканальними: це значить, що в даний момент часу можливо підключити одночасно декілька вимірювальних перетворювачів або виконавчих механізмів до декількох каналів.

По найпростішій ознаці комутатори діляться на дві групи: двопозиційні, для передачі цифрової інформації (низький і високий логічні рівні) і аналогові, для передачі безупинної аналогової інформації в заданих межах. Звичайно досягається низька похибка комутації аналогових сигналів у межах 0,1...0,3%. У загальному випадку устрій, що комутує, може містити комутатори двох типів: вхідні і вихідні.

На рис. 2.46 ці комутатори зображені одним блоком [27]. Сигнали поступають на комутатори через блок нормалізації, що містить фільтри, підсилювачі, перетворювачі, що призначені для узгодження рівнів різноманітних сигналів. Блок адресного вибору каналів складається з регістрів адреси каналу і дешифратора, управляється він УВМ через блок керування. Блок контролю перевіряє слухність сигналів адресного вибору каналів і при виникненні несправності вказує на її наявність і місце виникнення.

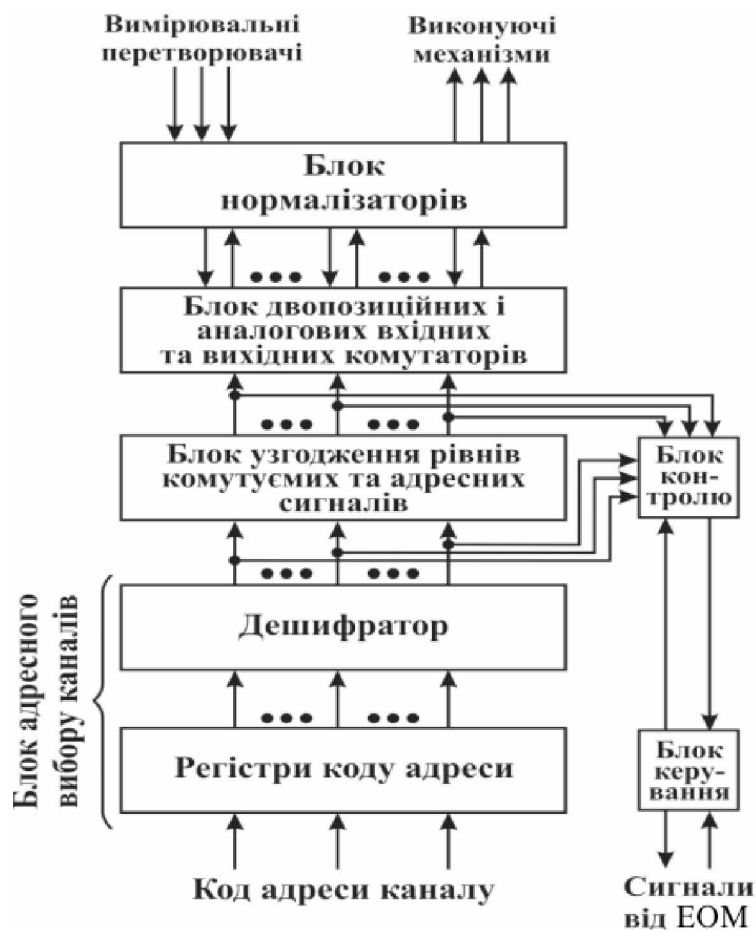


Рис. 2.46. Структурна схема комутатора.

Найбільше поширення одержали двохступінчаті комутатори (рис. 2.47). Незважаючи на те, що в подібних пристроях, використовується більше число елементів, вони широко використовуються, тому що їхні основні характеристики значно перевершують характеристики одноступінчатих комутаторів. Так, наприклад, приведена похибка може бути виражена в такий спосіб.

При порівнянні з одноступінчатим комутатором приведена похибка знижується в $m+1/2$ разу, де m - число каналів групового елемента, що комутує.

Найпростішим елементом, що комутує двохпозиційні сигнали, є ключ, який повинен забезпечити достовірну передачу двох логічних рівнів (високого і низького), швидкість переключення і простоту виконання. Ключі звичайно реалізуються не на логічних мікросхемах, а на діодних або транзисторних елементах. Транзисторний ключ, що комутує двохпозиційні сигнали, звичайно виконується на одному біполярному або польовому транзисторі.

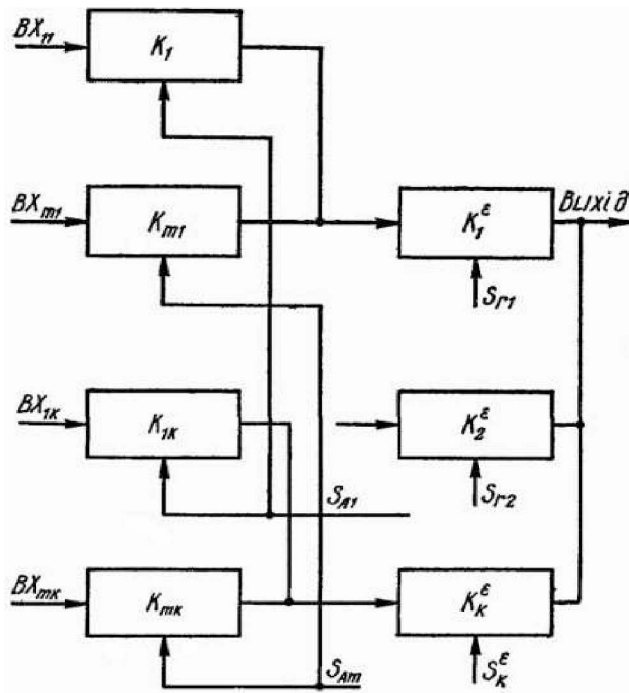


Рис. 2.47. Структурна схема двохступінчатого комутуючого пристрою.

На рис. 2.48 наведена схема комутатора для аналогових сигналів низького рівня підвищеної точності.

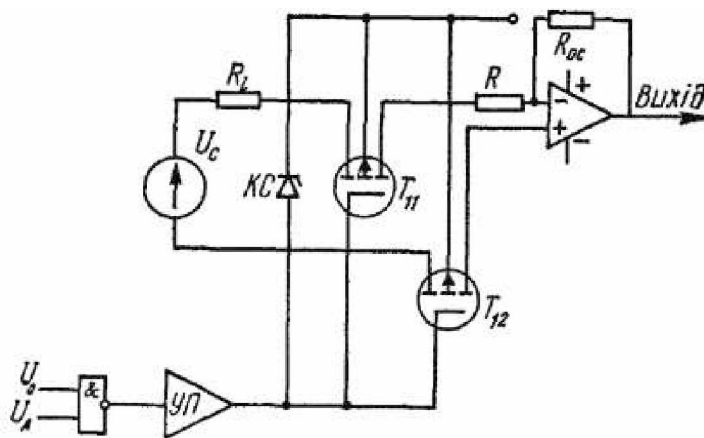


Рис. 2.48. Схема комутатора аналогових сигналів низького рівня з підвищеною точністю.

Для комутації кожного сигналу використовується два транзистори Т11 і Т12, що живляться від одного підсилювача, що має на вході логічний елемент Та-Ні.

Аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі.

У більшості випадків при створенні АСУТП простіше реалізувати вимірювальні перетворювачі з аналоговим виходом, які дозволяють безупинно в широких межах контролювати задані параметри, а так як ЕОМ приймає інформацію в цифровій формі, то необхідно перетворити аналогову інформацію в цифрову для введення

в машину [1, 4, 27]. Для цієї мети слугують аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). При цьому повинна бути забезпечена не тільки висока точність перетворення, але і підвищена швидкодія для здійснення автоматичного управління технологічним процесом у реальному масштабі часу. При аналого-цифровому перетворенні повинна бути встановлена відповідність між аналоговим вхідним сигналом, що має незліченну кількість значень у заданих межах зміни, і вихідним цифровим кодом, число розрядів якого обмежене. Отже, будь-який АЦП характеризується похибкою перетворення, обумовленою квантуванням. Для зменшення цієї похибки в АЦП використовуються схеми з негативним зворотнім зв'язком, при якому аналоговий сигнал, що перетворюється, проходить через додатковий блок порівняння аналогових сигналів. Існують і інші методи підвищення точності аналого-цифрового перетворення. До найбільш поширених відносять метод послідовного рахунку, порозрядне кодування, зчитування та ін.

АЦП послідовного рахунку мають декілька різновидів, але з одною загальною властивістю: заповнювати заданий інтервал імпульсами стабільної частоти і по їхній кількості на інтервалі оцінювати його величину.

На рис. 2.49 наведено схему АЦП послідовного рахунку, що заповнює імпульсами інтервал часу T_x . Інтервал задається двома імпульсами - початковим і кінцевим. Початковий імпульс поступає на вхід «скидання», устанавлюючи лічильник у вихідне положення, і на вхід тригера, устанавлюючи його в стан логічної одиниці. Відкриває логічна схема, і імпульси починають поступати в лічильник до появи кінцевого імпульсу, що переключає тригер у положення логічного нуля і закриває логічну схему. Результат видається у виді рівнобіжного цифрового коду, що відповідає часовому інтервалу, що вимірюється.

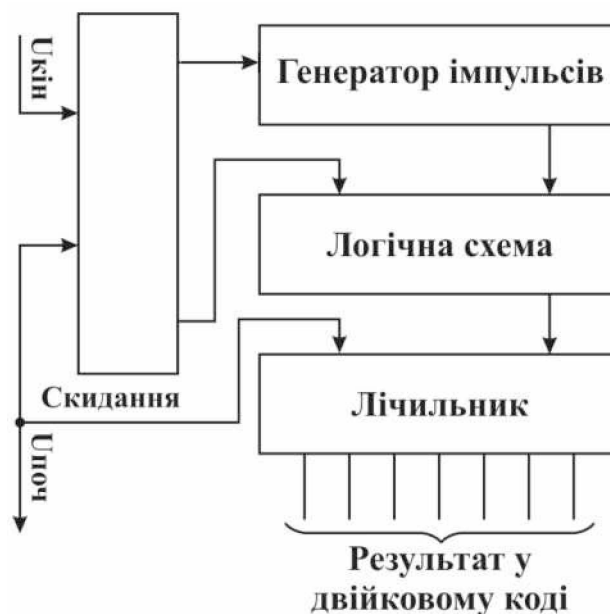


Рис. 2.49. Схема АЦП інтервалів часу.

Аналогічно працюють АЦП, що перетворюють аналогові сигнали струму або напруги в цифровий код. У цьому випадку використовується звичайно проміжне перетворення аналогового сигналу в часовий інтервал.

АЦП порозрядного кодування відрізняються порівняно високою швидкістю і точністю перетворення. Схема такого перетворювача наведена на рис. 2.50. Пристрій працює таким чином. По сигналу «пуск» розподільний пристрій виробляє імпульс U_0 , котрим тригер T_1 встановлюється в положення логічної одиниці, інші тригери мають стан логічного нуля. При цьому по зворотному зв'язку проходить компенсуючий сигнал, U_k , величина якого пропорційна значенню старшого розряду результату перетворення. Далі послідовно виробляються імпульси U_1, U_2, \dots, U_n , що встановлюють тригери T_1, T_2, \dots, T_n у стан логічної одиниці. Одночасно з надходженням сигналу на тригер, сигнал поступає на логічну схему попереднього старшого розряду.

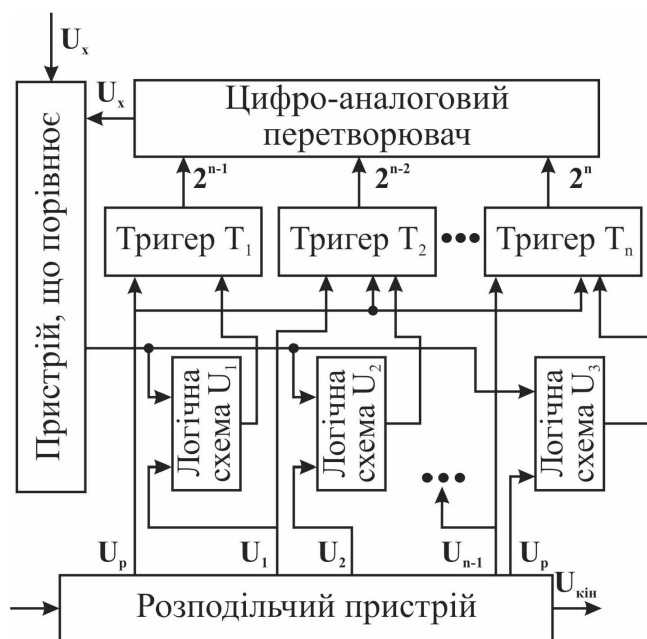


Рис. 2.50. Схема АЦП порозрядного кодування.

Якщо при i -му такті перетворення виконується нерівність $U_x < U_k$, то рівень вихідного сигналу пристрою, що порівнює, відкриває ланцюжок логічних схем U , пропускаючи імпульс на нульовий вхід тригера T_i , переводячи його в стан 0. Якщо ж виконується нерівність $U_x > U_k$, то сигнал пристрою, що порівнює, замикає всі логічні схеми U . Тоді одиниця, записана в тригер T_i у попередньому такті перетворення, буде зберігатися при таких тактах. Цей процес повторюється при всіх імпульсах, що поступають із розподільного пристрою. При надходженні з розподільного пристрою U_{kin} можна

одержати на виході тригерів код результату перетворення. Швидкодія АЦП порозрядного кодування значно перевищує швидкодія АЦП послідовного рахунку.

АЦП зчитування (рис. 2.51) містить групу порівнюючих пристроїв, $СУ_1 - СУ_n$, блок еталонних рівнів і шифратор. Еталонні рівні $U_{e_1} - U_{e_n}$ пропорційні послідовності цілих чисел від 1 до $n-1$, де n - число розрядів у коді результату перетворення. На виходах пристроїв, що порівнюють, для котрих $U_x > U_{e_i}$, встановлюється нульовий рівень; а на виходах, для котрих $U_x < U_{e_n}$, – одиничний рівень. Шифратор визначає номери двох сусідніх пристроїв, що порівнюють, вихідні сигнали яких різноманітні за рівнем. Ця межа і визначає код результату перетворення. АЦП зчитування мають саму високу швидкодію, проте, через використання великого числа прецизійних елементів застосовуються на практиці рідко.

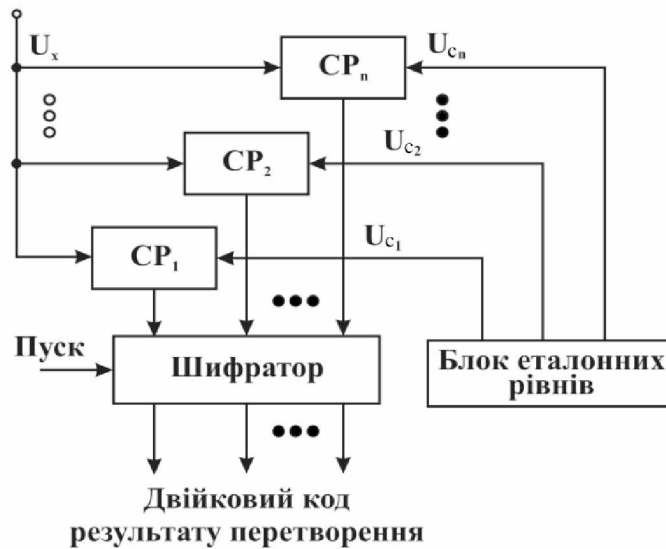


Рис. 2.51. Схема АЦП зчитування.

Часто використання в одному АЦП кількох методів перетворення дозволяє одержати пристрій, позбавлений недоліків кожного методу окремо. Так, наприклад, АЦП послідовного рахунку має низьку швидкодію, саму просту схему і блок автоматичного коригування випадкових збоїв, відсутній в АЦП всіх інших типів. Введення в АЦП послідовного рахунку секційних лічильників і ЦАП у ланцюг зворотної зв'язок об'єднує його з АЦП порозрядного кодування. У результаті значно збільшуються і зберігаються всі позитивні властивості АЦП послідовного рахунку.

Що стосується принципів побудови цифро-аналогових перетворювачів, то найбільше поширення одержали ЦАП, засновані на методі рівнобіжного підсумовування струмів або напруг. Це забезпечує порівняно висока швидкодія і висока точність.

ЦАП з одним еталонним джерелом струму використовує дільники струму з коефіцієнтом розподілу, рівним двом.

Таким чином, у цьому розділі були розглянуті основні технічні засоби контролю параметрів автоматизації. Засоби ж автоматизації, які не увійшли до цього переліку, досить широко висвітлені у спеціальній довідковій літературі.

3. ОСНОВИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСУТП МКУ

3.1. Обґрунтування вибору засобів математичного забезпечення.

Розглядаючи функціонування засобів обчислювальної техніки у складі АСУТП малогабаритних комбікормових установок, необхідно, насамперед обґрунтувати вибір засобів математичного забезпечення, що дозволило б розробити відповідні розрахункові та керуючі комп'ютерні програми.

Відомо, що оптимізація функціонування малогабаритних комбікормових установок, під яким розуміється створення енергозберігаючого режиму роботи за умови одержання якісної продукції, можлива лише при їхній автоматизації [6, 25]. Це обумовлено відносною складністю (багатоканальністю) розглянутих технологічних процесів, наявністю множини збурюючих впливів як зовнішнього (флуктуація напруги живлячої мережі, зміна характеристик устаткування через його знос і т.д.), так і внутрішнього (як сипучого середовища) характеру. Тому всі стадії технологічного процесу приготування комбікормів повинні супроводжуватися відповідними розрахунками. До таких стадій варто віднести:

- формування виконавчого рецепту комбікорму;
- визначення оптимальної продуктивності лінії;
- настроювання дозуючого обладнання;
- реалізація процесу.

Підставою для розрахунку фактичної продуктивності служить відома залежність:

$$Q_{\text{ф}} = Q \frac{\sum_{i=1}^n K_{1i} \cdot K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot X_i}{100},$$

де Q - паспортна продуктивність;

K_1, K_2, K_3 - відповідно коефіцієнти розмелоздатності, енергоємності і вологості i -го компоненту сировини в суміші;

X_i - кількість компоненту, що вводять до подрібнювальної суміші, %.

При цьому дані про розмелоздатність, що враховуються коефіцієнтом K_1 , наведено в табл. 3.1, а рівняння для визначення коефіцієнтів K_2 і K_3 , що залежать відповідно від енергоємності і вологості вихідних компонентів, отримані на підставі експериментальних даних і показані відповідно у табл. 3.2 і 3.3.

Також слід зазначити, що визначення коефіцієнту K_2 потребує підстановки значення діаметра d решета у відповідні апроксимуючі рівняння, а при знаходженні коефіцієнту K_3 , слід враховувати вихідну вологість компонентів, підставляючи її значення у формули M або M' , при вологості відповідно нижче і вище 13 %.

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнта K1 в залежність від виду культури.

Вид культури	K1	Вид культури	K1
Ячмінь	1,0	Овес	0,7
Пшениця	1,3	Кукурудза	1,5
Жито	1,4	Горох	1,5

Таблиця 3.2

Апроксимуючі рівняння для визначення коефіцієнта енергоємності K2.

Вид культури	Апроксимуючі рівняння
Ячмінь	$K2 = 0,3326 \exp(0,367d)$;
Пшениця	$K2 = 0,2625 \exp(0,4458d)$;
Жито	$K2 = 0,2625 \exp(0,4458d)$;
Овес	$K2 = 0,1896 \exp(0,5543d)$;
Кукурудза	$K2 = 0,5857 \exp(0,1783d)$;
Горох	$K2 = 0,518 \exp(0,2193d)$;

Таблиця 3.3

Апроксимуючі рівняння для визначення коефіцієнта вологості K3.

Вид культури	$M < 13 \% / M' > 13 \%$
Ячмінь	$K3 = 2,3 - 0,1 M$ $K3 = 1,825 - 0,0625M'$
Пшениця	$K3 = 1,875 - 0,0675 M$ $K3 = 2,2675 - 0,975M'$
Жито	$K3 = 2,1375 - 0,0875 M$ $K3 = 2,5925 - 0,1225 M'$
Овес	$K3 = 2,1375 - 0,0875 M$ $K3 = 2,17 - 0,09 M'$
Кукурудза	$K3 = 1,65 - 0,05 M$ $K3 = 1,65 - 0,05 M'$
Горох	$K3 = 1,195 - 0,015 M$ $K3 = 2,5925 - 0,1225 M'$

Водночас, якщо мінімізується вартість комбікорму, то в процесі розрахунку перевага віддається більш дешевому інгредієнту. Дорогі ж компоненти включаються до складу у тій мірі, у який це необхідно для набору необхідної кількості кормових одиниць, протеїну, амінокислот, солей та ін. При цьому, в ідеальному випадку, необхідно, щоб вартість інгредієнта відображала його фізичні гідності по заданих показниках. Наприклад, вартість кукурудзи повинна бути у стільки разів більше вартості вівса, у скільки разів у кукурудзі більше поживності, ніж у вівсі. Невиконання цієї вимоги, що і відбувається в

більшості випадків, призводить до перевитрати живильних речовин і, як слідство - до неоптимальності отриманого рецепту. Тому для оптимізації вартісно-якісних показників рецептів комбікормів необхідним є застосування спеціальних математичних методів лінійного програмування, у рамках яких складаються математичні вирази, які відображають як функції цілі, так і обмеження, що мають місце у системі.

Так, наприклад для ВРХ зоотехнічними вимогами встановлені такі процентні обмеження на вихідну сировину:

Для кукурудзи $0 \leq x_1 \leq 38$;

Вівса $25 \leq x_2 \leq 35$;

Пшениці $25 \leq x_4 \leq 40$;

Сорго $10 \leq x_5 \leq 35$;

Добавок $1 \leq x_3 \leq 7$.

Тоді загальна кількість комбікорму визначається як

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 100 .$$

Припустимо, що з наявної у господарстві сировини потрібно підібрати такий склад комбікорму, який був би мінімальним за вартістю, і задовольняв би зоотехнічним вимогам по показниках поживності, тобто містив у розрахунку на 100 кг кормових одиниць не менше 110, перетравного протеїну - 15 кг, лізину - 0,92, солі - 0,6 і клітковини не більш 7 кг.

Тому кожний показник поживності в задачі варто записати у вигляді рівняння (нерівності), коефіцієнтами якого є числа, що показують кількість кормових одиниць, протеїну та інших живильних речовин в однім кілограмі інгредієнта, а вільним членом правої частини - розмір даного показника у розрахунковій вазі (100 кг) комбікорму. У наведеному прикладі одержимо:

для кормових одиниць:

$$1,32x_1 + 0,98x_2 + 1,04x_3 + 0,82x_4 \geq 110 ,$$

для протеїну:

$$0,078x_1 + 0,082x_2 + 0,378x_3 + 0,533x_4 \geq 15 ,$$

для лізину:

$$0,0029x_1 + 0,0036x_2 + 0,0138x_3 + 0,0534x_4 \geq 0,82 \text{ і т.д.}$$

Аналогічним чином записуються і більш складні види обмежень, наприклад, для енергопротеїнового відношення, для вмісту протеїну в одній кормовій одиниці і т.д. у задачі необхідно також врахувати і наявність запасів вихідної сировини, із якої має бути складний рецепт комбікорму.

Однак денна кормова суміш, що з'їдається, не цілком засвоюється твариною. Для оцінки цього параметра використовується коефіцієнт перетравності, що показує, скільки відсотків із живильних

речовин, що містяться у кормі, використані організмом тварини. Численними зоотехнічними дослідженнями встановлена перетравність складових частин корму. У табл. 3.4 приведений у відсотках коефіцієнт перетравності компонентів кормів у жуйних тварин [27]. Можна відзначити, що коефіцієнт перетравності в основному залежить від виду корму і дуже незначно - від споживаної його кількості.

Таблиця 3.4

Значення коефіцієнтів перетравності компонентів.

Компоненти	Органічні речовини	Сирий протеїн	Сирий жир	Сира клітковин а	Безазотисті речовини
Ячмінь	86	72	80	30	93
Овес	72	80	79	26	77
Сіно люцени	61	74	50	48	60
Сіно лугове	63	61	40	60	68
Картопля	80	45	0	0	85
і т.д.					

Тобто, із живильних речовин, що містяться у кормовій суміші, тваринними буде використана тільки деяка їхня частина. Враховуючи це, необхідно також мати на увазі визначення і підтримка умови

$$q_i - \alpha_i q_i \rightarrow \min,$$

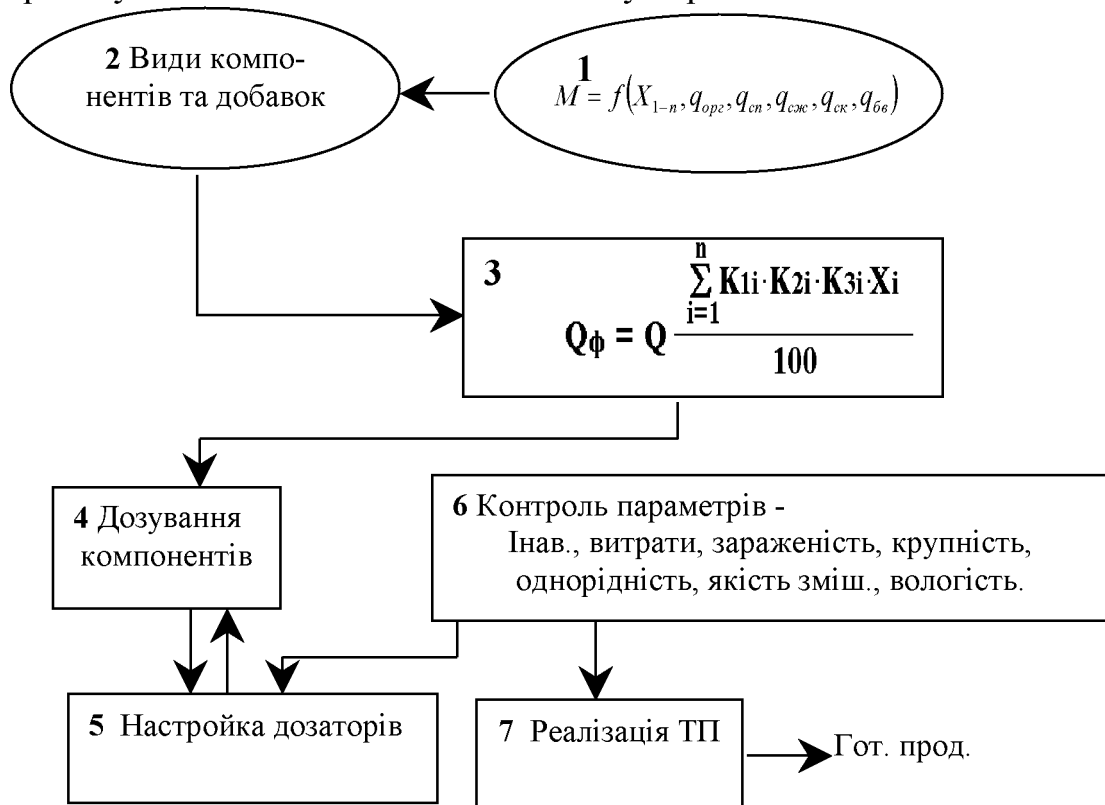
де q_i , α_i - відповідно нормативний вміст і-го компонента і коефіцієнт його перетравності.

Таким чином, наведені математичні моделі дозволяють виконати теоретичні розрахунки оптимального завантаження комбікормової лінії, а також є основою для складання алгоритмів програмного забезпечення даної автоматизованої системи.

3.2. Формалізація критеріїв і алгоритму функціонування системи.

У загальному випадку технологічний процес приготування комбікормів являє собою багатомірний об'єкт керування [7], у якості узагальненого критерію оптимізації якого, може бути прийнятий деякий векторний перетворювач інформації, принцип формування і реалізації варіанта якого показаний на рис. 3.1. Вхідною величиною системи, наприклад для молочнотоварної ферми, є позначений блоком 1 на рис. 3.1 загальний вихідний параметр - надій молока M , що залежить від вибору оптимального складу і якості кормів, а саме -

відсоткового вмісту компонентів і показників поживності, обумовлених відповідними зоотехнічними вимогами. З урахуванням того, що кількість корму, що споживається тваринами відповідних груп протягом доби є величиною постійною (що обумовлено ємністю стравоварильного тракту), то для забезпечення їхньої повноцінної життєдіяльності, необхідно з наявних у господарстві компонентів і кормових добавок (блок 2), скласти рецепт комбікорму, який у першому наближенні мав би мінімальну вартість і збалансованість по



всім складовим, таким як: протеїн, жир, та ін. Таким етапом реалізації узагальненого критерію є розрахунок фактичної продуктивності технологічної лінії приготування комбікормів при реалізації обраного рецепту.

Рис. 3.1. Алгоритм реалізації узагальненого критерію оптимізації функціонування МКУ.

Для цього використовуються відповідні математичні моделі, що враховують як кількісний склад інгредієнтів, які входять у прийнятий для реалізації рецепт, так і їхні фізико-механічні характеристики, які враховуються відповідними коефіцієнтами (блок 3). Тут, як вже було зазначено через Q позначена паспортна продуктивність дробарки, X_i - кількість компонента, що вводиться до суміші, а коефіцієнти K_{1i} , K_{2i} , K_{3i} відображають відповідно параметри розмелздатності, енергоємності та вологості i-го виду сировини в суміші і знаходяться по наведених вище моделях. Визначивши розрахункову продуктивність лінії, а також знаючи необхідний обсяг комбікорму,

можна обчислити енергетичні показники процесу, що оптимізується. Потім, відповідно до прийнятого до виконання рецепта комбікорму, здійснюється дозування інгредієнтів (блок 4) за допомогою настройки відповідних дозаторів (блок 5). Рецептна частина системи відображена блоком 6, де за допомогою відповідних вимірювальних перетворювачів контролюються основні параметри, що визначають якісні показники технологічного процесу (блок 7).

З опису наведеного на рис. 3.1 алгоритму випливає, що основу формування та оцінки узагальненого критерію оптимізації функціонування автоматизованої лінії приготування комбікормів, складають блоки 1-3, у той час як блоки 4-7 реалізують ефекторну частину системи, забезпечуючи необхідну точність виконання завдання.

В принципі можна стверджувати, що процес приготування комбікорму можна розділити на два основних етапи: дозування компонентів та їх змішування. Точність дозування визначає правильність співвідношення компонентів відповідно до обраного рецепта, що і вирішують блоки 4-6 системи, поданої на рис. 3.1. Процес же змішування відбувається в міру здрібнювання в дробарці і транспортування у шнеках, що може бути зображено у вигляді моделі поагрегатного змішування, показаної на рис. 3.2.

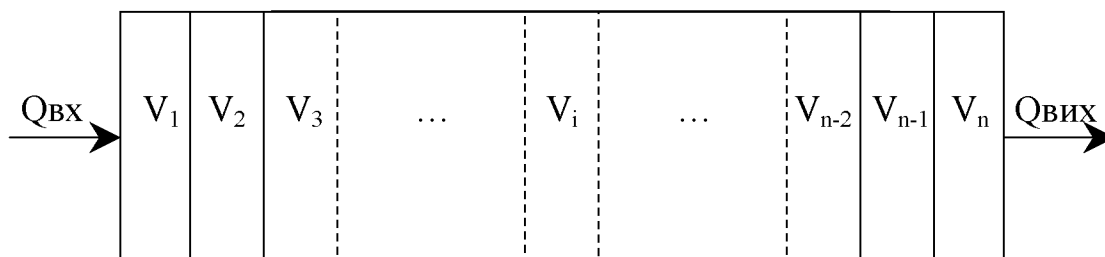


Рис. 3.2. Модель поагрегатного змішування компонентів комбікормів.

Рівняння, що описує процес змішування для кожного з агрегатів, що входять у ПТЛ має вигляд [27]

$$V \frac{dC}{dt} = u(C_{ex} - C),$$

де V - обсяг зони змішування; u - швидкість потоку, що надходить у зону змішування; C_{ex} , C - однорідність матеріалу відповідно на вході і виході зони змішування.

З урахуванням того, що основним параметром, який характеризує процес змішування, є однорідність суміші, то автоматичний контроль даного параметра у потоці прямим або непрямим (через щільність) засобом дозволить приймати рішення про включення в структуру

технологічної лінії додаткових змішувачів із метою досягнення необхідної якості комбікорму.

Алгоритм функціонування системи доцільно представити у вигляді відповідної блок-схеми, яка відображала б покрокове формування та реалізацію присутніх у даному автоматизованому технологічному комплексі (АТК) операцій у вигляді оптимізації рецептів комбікормів, контролю та аналізу контрольованих параметрів, формування і реалізації керуючих впливів, що в сукупності дозволило б одержати якісну продукцію при виконанні умов енергозаощадження. Така блок-схема подана на рис. 3.3.

Тут блоки 1 і 2 відображають систему приймання, розміщення та збереження вихідних компонентів, які призначені у господарстві як для загальних цілей, так і для приготування комбікормів. Структура даної системи загальновідома і за складом операцій вона адекватна промисловим варіантам, а її особливості залежать від рецептури комбікормів, що готуються, наявності видів вихідної сировини, а також характеристики технологічного устаткування та складських потужностей. Блоки 3-6 описують послідовність розрахунку оптимального рецепта конкретного виду та заданої кількості комбікорму. З цією метою використано симплекс-метод, на базі якого розроблена спеціальна комп'ютерна програма, алгоритм роботи якої полягає в попередньому визначенні вихідних рівнянь і обмежень виду:

$$F = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max ;$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, & i = \overline{1, m} \\ x_j \geq 0, & i = \overline{1, n} \end{cases},$$

де F – вихідний параметр оптимізації;

c_j, x_j – відповідно характеристичний показник та доля вихідного компонента у складі комбікорму;

a_i, b_i – параметри технологічних обмежень.

А потім, із використанням правил перетворень симплекс-таблиць, одержують остаточний варіант таблиці, індексний рядок якої не містить негативних елементів.

Після цього інформація про отриманий оптимальний рецепт комбікорму виводиться у вигляді повідомлення (блок 7), визначається кількість необхідних вихідних компонентів і здійснюється вибір та розрахунок циклу заповнення наддозаторних бункерів (блоки 8-15). Блок 16 відображає формування інформації, що характеризує основні показники вихідних компонентів. Ці дані вводяться як оператором,

так і з відповідних вимірювальних перетворювачів і використовуються для визначення розрахункової продуктивності потокової технологічної лінії (блок 17), під якою розуміють максимально можливу продуктивність для даних конкретних умов при одержанні продукції, якість якої відповідає вимогам базисних кондицій комбікормів. Математична модель рішення цієї задачі для ПТЛ на базі МКУ являє собою модернізовану бальну оцінку виду [10]

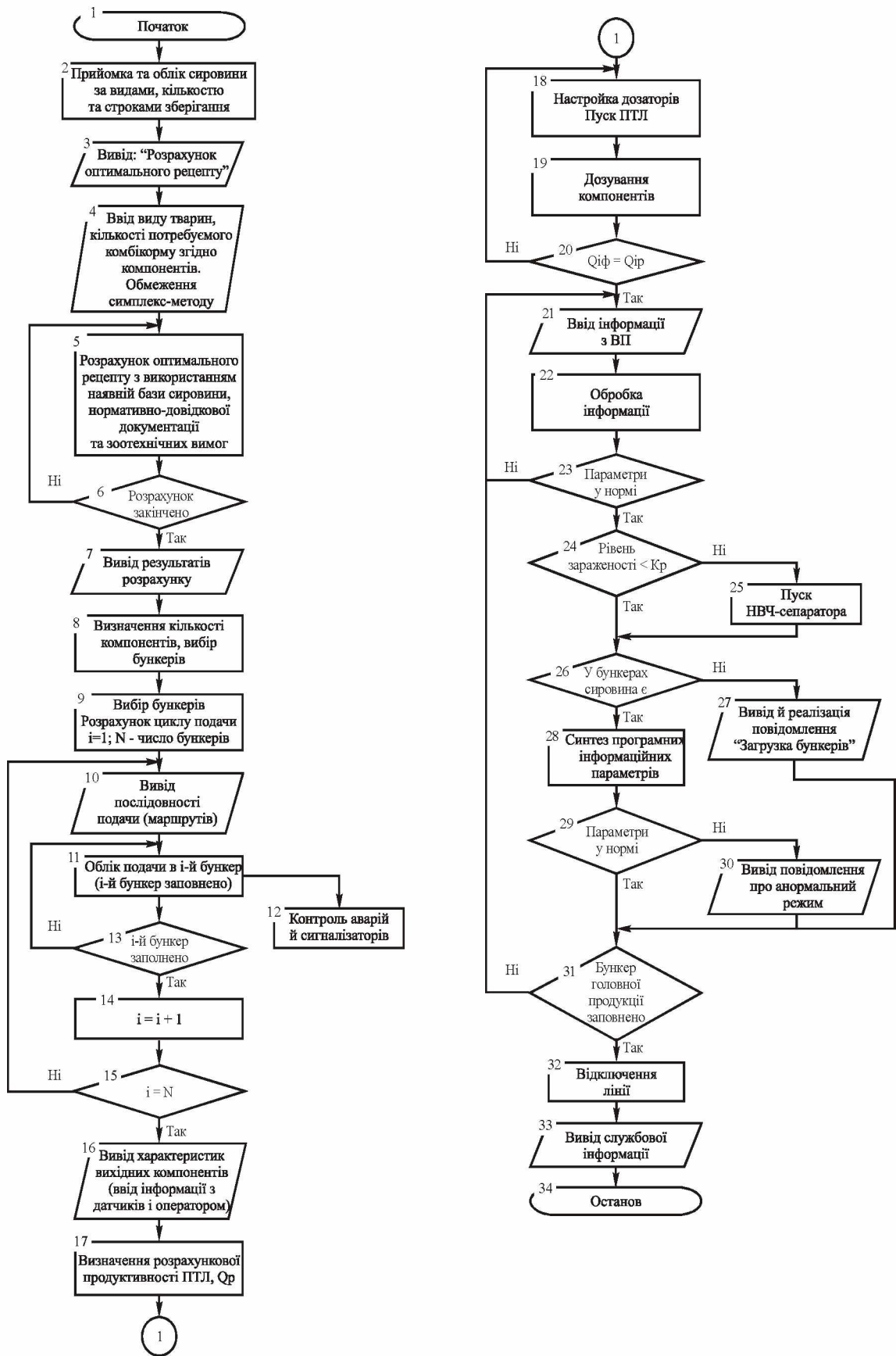


Рис. 3.3. Блок схема алгоритму функціонування АСУТТІ МКУ.

$$\delta_i = K_H \sum_{k=1}^s a_{ik} \cdot \left(\frac{1}{A_{k \min} + E} - \frac{1}{A_{k \max}} \right) - \frac{K_p}{K_{1i} K_{2i} K_{3i}},$$

де K_p - ваговий коефіцієнт, що враховує витрати енергії на переробку сировини, обумовлений співвідношенням вартості сировини та електроенергії;

E - нормуюча адаптивна постійна, що визначається порядком розмірів найменших із значень $A_{k \min}$;

K_H - безрозмірний нормуючий коефіцієнт;

a_{ik} - зміст K -го компонента в i -м виді сировини, %;

$A_{k \min}$, $A_{k \max}$ - відповідно мінімальний і максимальний припустимий зміст K -го компонента поживності у визначеному рецепті комбікорму, %.

Наступним етапом алгоритму є пуск лінії та налагодження дозаторів на розрахункову продуктивність (блоки 18-20). Блоками 21-23 позначений процес контролю і регулювання основних параметрів відповідно рецепторної та ефекторної частин системи, що відображають дозування компонентів, оптимальне завантаження технологічного устаткування, а також якісні показники комбікорму, а саме: розмір його часток та однорідність перемішування компонентів, причому виконання останньої вимоги забезпечується вмиканням до складу ПТЛ змішувача, що працює на принципі псевдо зрідження.

Окремим блоком виділена операція контролю рівня зараженості готової продукції, причому у випадку невиконання умови блоку порівняння 24, вмикається система НВЧ-знезаражування, що конструктивно входить до складу змішувача (блок 25). Математичний опис процесу визначення ступеня зараженості та НВЧ-обробки комбікорму відображається залежністю [8]

$$L = f(L_0; W; \frac{d\theta}{dt}; \theta_{п}; \theta_{к}; E; \gamma; \tau; c; V),$$

де L_0 - початковий зміст мікроорганізмів, тис. клітин у 1 р;

W - вологість комбікорму, %;

$\frac{d\theta}{dt}$ - швидкість нагрівання, ° C/c;

$\theta_{п}$, $\theta_{к}$ – відповідно початкова і кінцева температура нагрівання комбікорму, ° C;

γ - стійкість мікроорганізмів до впливу ЕМП СВЧ;

τ - час експозиції, с;

c - питома теплоємність комбікорму, кДж/кг·град;

V - швидкість переміщення оброблюваного комбікорму, м/с.

За допомогою відповідних вимірювальних перетворювачів здійснюється контроль нижнього рівня сировини в наддозаторних бункерах вихідних компонентів, причому спрацьовування цих пристроїв передбачено з деяким упередженням, що дозволяє системі

організувати подачу відповідного інгредієнта (блоки 26, 27), забезпечуючи тим самим безупинну роботу технологічної лінії.

Також представляє інтерес комп'ютерний синтез деяких параметрів контролю, що базується на співвідношенні величин відповідних сигналів системи (блоки 28-30). Причому перевищення значень даних співвідношень вказує на виникнення того або іншого аномального режиму, до декотрих із який можна віднести: порив решіт, обрив з'єднуючих шпонок електродвигунів та ін.

Процедуру заповнення бункера готової продукції або виконання технологічного завдання по приготуванню необхідної кількості комбікорму відображає блок 31, при позитивному виконанні умови якого відбувається відключення лінії і останов системи (блоки 32-34).

На підставі поданих математичних моделей розроблено програмне забезпечення АСУТП МКУ для різноманітних режимів функціонування АТК.

3.3. Визначення основних рішень по програмному забезпеченню.

Функціонування автоматизованої технологічної лінії приготування комбікормів в умовах господарств потребує розробки програмного забезпечення для вирішення наступних задач:

- 1) оптимізація маршрутів постачання господарств покупними комбікормами;
- 2) оптимізація складу виконавчих рецептів комбікормів;
- 3) управління технологічним процесом в реальному масштабі часу.

Комп'ютерна оптимізація маршрутів постачання господарств комбікормами.

Сучасне комбікормове виробництво розвивається по двох основних напрямках: перший – вироблення комбікормів на державних підприємствах для великих тваринницьких і птахівницьких комплексів і ферм сільськогосподарських підприємств із наступної споживачам; другий – збільшення виробництва комбікормів на внутрішньогосподарських кормоцехах з використанням власних кормових ресурсів, покупних БВД і преміксів. Останнім часом другий напрямок одержує усе більший розвиток. Це обумовлено прагненням до більш раціонального використання в господарствах сировини власного виробництва, можливістю готування необхідної рецептури комбікормів, що відповідає раціонам годівлі тварин і птаха, істотною зниженням витрат на транспортування покупних комбікормів. Отже, транспортні витрати при використанні покупних кормів лежать в основі в ухвалення рішення про прийняття господарством того чи іншого варіанта. Однак слід зауважити, що при наявності в господарствах декількох об'єктів споживання комбікормів, а також

розташованих у їхньому регіоні декількох виробників даної продукції, визначення оптимальних закупівель з урахуванням транспортування є задачею досить складною, яка потребує використання спеціальних математичних методів розрахунку. Ця ж проблема має місце при змішаній системі, що передбачає використання господарствами комбікормів як покупних, так і виготовлених на місці. Одним з найбільш розповсюджених методів розрахунку таких систем є транспортна задача.

У класичній формі постановка транспортної задачі складається в пошуку мінімуму цільової функції

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij},$$

за умови, що перемінні x_{ij} ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$) задовольняють системі обмежень

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j & (j = \overline{1, n}), \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = a_i & (i = \overline{1, m}), \\ x_{ij} \geq 0 & (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \end{cases},$$

де c_{ij} - тарифи перевезень одиниці вантажу з пункту A_i в B_j ;

a_i - запаси вантажу в i -ому пункті відправлення;

b_j - потреби у вантажі в j -ому пункті призначення;

x_{ij} - кількість одиниць вантажу, перевезеного з пункту A_i в пункт B_j .

Для випадку, коли кількість параметрів задачі досить велика, розрахунки можуть бути досить громіздкими. Сучасні можливості комп'ютерних технологій дозволяють значно спростити процес одержання результату. Так, приміром, транспортна задача може бути вирішена за допомогою комп'ютерного пакету Excel, де передбачена команда **Поиск решения**.

Розглянемо дію цієї команди на конкретному прикладі постачання комбікормами агрофірми "Весна" Мелітопольського району Запорізької області. Так на чотирьох прилеглих до агрофірми комбікормових заводах A_i ($i = \overline{1, 4}$) щодня виробляється відповідно 110, 90, 60 і 70 т комбікормів. У господарстві у наявності є три ферми B_j ($j = \overline{1, 3}$), щоденні потреби яких складають 110, 140 і 80 т. Діючі тарифи, перевезень 1 т комбікорму з кожного заводу до кожної ферми задані матрицею

$$C = \begin{pmatrix} 8 & 1 & 9 \\ 4 & 6 & 2 \\ 3 & 5 & 8 \\ 7 & 12 & 9 \end{pmatrix}.$$

Необхідно скласти такий план доставки комбікормів, при якому загальна вартість перевезень виявилася б мінімальною.

Рішення задачі полягає у наступному. Нехай x_{ij} ($i = \overline{1,4}, j = \overline{1,3}$) – кількість комбікорму, перевезена підприємства A_i на ферму B_j .

Математична модель поставленої задачі полягає у знаходженні таких значень x_{ij} ($i = \overline{1,4}, j = \overline{1,3}$), при яких функція

$$F(X) = 8 \cdot x_{11} + 1 \cdot x_{12} + 9 \cdot x_{13} + 4 \cdot x_{21} + 6 \cdot x_{22} + 2 \cdot x_{23} + \\ + 3 \cdot x_{31} + 5 \cdot x_{32} + 8 \cdot x_{33} + 7 \cdot x_{41} + 12 \cdot x_{42} + 9 \cdot x_{43}.$$

приймає мінімальне значення.

При цьому x_{ij} ($i = \overline{1,4}, j = \overline{1,3}$) для нашого випадку повинні задовольняти наступним обмеженням

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} = 110; \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} = 90; \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} = 60; \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} = 70; \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 110; \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 140; \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 80; \\ x_{ij} > 0, (i = \overline{1,4}, j = \overline{1,3}). \end{cases}$$

Покажемо, як реалізується рішення такого роду задач у середовищі електронних таблиць Excel.

Для цього знаходимо припустиме початкове рішення задачі, наприклад, методом північно-західного кута.

$$X_0 = \begin{pmatrix} 110 & 0 & 0 \\ 0 & 90 & 0 \\ 0 & 50 & 10 \\ 0 & 0 & 70 \end{pmatrix}.$$

Таблицю вихідних даних має вигляд, як це показано на рис. 3.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Значения переменных										Тарифы
2	x11	110	1	0	0	0	1	0	0			8
3	x12	0	1	0	0	0	0	1	0			1
4	x13	0	1	0	0	0	0	0	1			9
5	x21	0	0	1	0	0	1	0	0			4
6	x22	90	0	1	0	0	0	1	0			6
7	x23	0	0	1	0	0	0	0	1			2
8	x31	0	0	0	1	0	1	0	0			3
9	x32	50	0	0	1	0	0	1	0			5
10	x33	10	0	0	1	0	0	0	1			8
11	x41	0	0	0	0	1	1	0	0			7
12	x42	0	0	0	0	1	0	1	0			12
13	x43	70	0	0	0	1	0	0	1			9
14			110	90	60	70	110	140	80			
15	F(x)											
16	2380		110	90	60	70	110	140	80			

Рис. 3.4. Вихідні дані на робочому листі Excel.

В графі **B2:V13** вводимо початкові значення перемінних x_{ij} ($i = \overline{1,4}, j = \overline{1,3}$). В графі **L2:L13** вводимо коефіцієнти цільової функції c_{ij} ($i = \overline{1,4}, j = \overline{1,3}$).

У діапазон граф **32:I13** вводимо коефіцієнти при відповідних невідомих у системі обмежень задачі.

В графі **314:I14** вводимо праві частини системи обмежень. Потім у графу **A16** вносимо формулу для обчислення значення цільової функції $F(X)$. Це значення можна визначити за допомогою убудованої математичної функції **СУММПРОИЗВ** (1-ий масив; 2-ий масив). Перший масив складається зі значень тарифів c_{ij} , ($i = \overline{1,4}, j = \overline{1,3}$) – графу **L2:L13**, другий масив – зі значень перемінних x_{ij} , ($i = \overline{1,4}, j = \overline{1,3}$) – графу **B2:V13**.

Таким чином, в графі **A16** одержуємо формулу **=СУММПРОИЗВ (L2:L13; B2:V13)**. В графу **316** вводимо формулу **=СУММПРОИЗВ (32: 313; \$B\$2:\$B\$13)**. Потім копіюємо цю формулу в графі **D16:I16**.

Подальші розрахунки виконуємо з використанням стандартних діалогових вікон середовища Excel, для чого у меню **Сервис** вибираємо команду **Поиск решения**, заповнюємо відповідним чином поля діалогового вікна, вводячи адреси цільової функції, обмежень, змінних та тип оптимізації. Після натискання кнопки **Добавить** з'являється вікно (рис. 3.5), у поле котрого вводяться посилання на графі та обмеження, які накладені на змінні у задачі, що розглядається. Сформовану систему обмежень у подальшому можна редагувати за допомогою команд **Изменить** и **Удалить**.

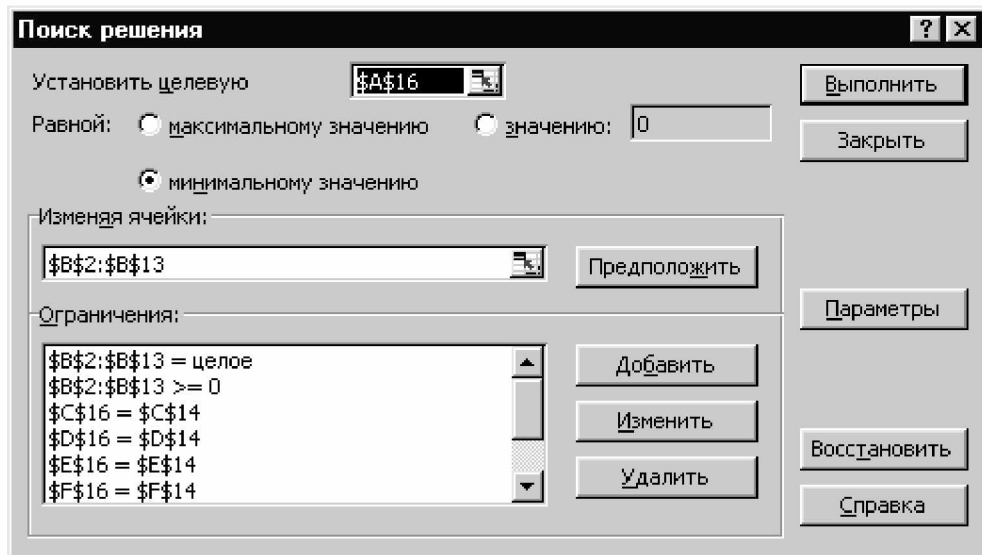


Рис. 3.5. Диалогове вікно *Поиск решения*.

Після натискання кнопки **Выполнить** буде здійснена процедура *Поиск решения*, за результатами якої виводиться відповідне повідомлення про знайдене рішення (рис. 3.6).

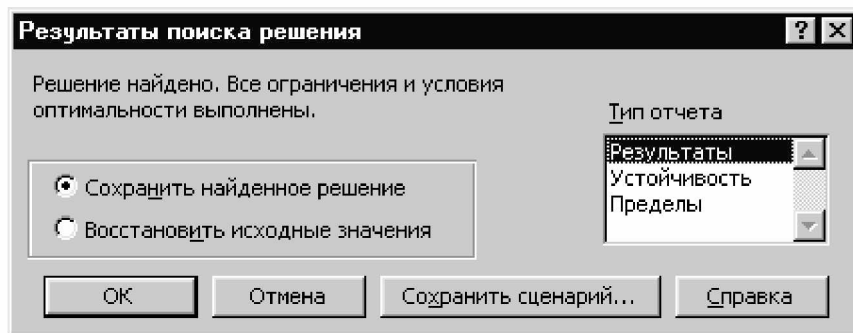


Рис. 3.6. Диалогове вікно *Результаты поиска решения*.

На рис. 3.7 показано кінцеве рішення поставленої задачі оптимізації.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	К	Л
1		Значения переменных									Тарифы
2	x11	0	1	0	0	0	1	0	0		8
3	x12	110	1	0	0	0	0	1	0		1
4	x13	0	1	0	0	0	0	0	1		9
5	x21	0	0	1	0	0	1	0	0		4
6	x22	10	0	1	0	0	0	1	0		6
7	x23	80	0	1	0	0	0	0	1		2
8	x31	40	0	0	1	0	1	0	0		3
9	x32	20	0	0	1	0	0	1	0		5
10	x33	0	0	0	1	0	0	0	1		8
11	x41	70	0	0	0	1	1	0	0		7
12	x42	0	0	0	0	1	0	1	0		12
13	x43	0	0	0	0	1	0	0	1		9
14			110	90	60	70	110	140	80		
15	F(0)										
16	1040										

Рис. 3.7. Результати обчислень на робочому листі Excel.

З даної електронної таблиці видно, що мінімальні витрати на транспортування комбікормів склали 1040 грн. і вони будуть мати місце при $x_{12} = 110$ т, $x_{22} = 10$ т, $x_{23} = 80$ т, $x_{31} = 40$ т, $x_{32} = 20$ т і $x_{33} = 70$ т. Інші x_{ij} при цьому дорівнюють нулям.

Отже, застосування даного методу дозволяє оптимізувати транспортні потоки постачання об'єктів сільськогосподарського підприємства комбікормами, забезпечуючи при цьому мінімум витрат.

Комп'ютерна оптимізація складу виконавчих рецептів комбікормів.

З огляду на відносну складність постановки і рішення задачі оптимізації виконавчих рецептів комбікормів, реалізацію даного алгоритму доцільно виконувати із застосуванням спеціальних методів математичного моделювання, одним з найбільш розповсюджених із котрих є симплекс-метод.

Так, наприклад, з наявної у господарстві сировини: пшениці, вівса, ячменя, шроту та біовітамінних добавок (БВД), потрібно підібрати такий склад комбікорму, який був би мінімальним за вартістю, і задовольняв зоотехнічним вимогам по показниках поживності, тобто містив у розрахунку на 100 кг кормових одиниць не менш 105, перетравлюваного протеїну – 16 кг, лізину – 0,82 кг, клітковини не більш 7 кг і жиру – 3,2 кг. Задачею оптимізації рецепта є мінімізація цільової функції виду

$$F(x) = 0,45x_1 + 0,35x_2 + 0,2x_3 + 0,28x_4 + 0,3x_5,$$

де $x_1 \dots x_5$ - шукана кількість інгредієнтів (відповідно: пшениці, вівса, ячменя, шроту і БВД у 100 кг комбікорму). Число, що стоїть перед кожним невідомим, показує вартість у гривнях одного кілограма відповідного інгредієнта.

Цільова функція є головним чинником, що визначає результат розрахунку, тобто кількість кожного інгредієнта у комбікормі. Кожен показник поживності в задачі записується у вигляді рівняння (нерівності), коефіцієнтами якого є числа, що показують кількість кормових одиниць, протеїну й інших живильних речовин в одному кілограмі інгредієнта, а вільний член правої частини – величину даного показника в розрахунковій вазі (100 кг) комбікорму. У нашому випадку можна записати:

для кормових одиниць

$$1,21x_1 + x_2 + 1,15x_3 + 1,06x_4 + 1,2x_5 \geq 105,$$

для протеїну

$$0,115x_1 + 0,105x_2 + 0,11x_3 + 0,42x_4 + 0,345x_5 \geq 16,$$

для лізину

$$0,0039x_1 + 0,0038x_2 + 0,0044x_3 + 0,0121x_4 + 0,028x_5 \geq 0,82,$$

для клітковини

$$0,027x_1 + 0,103x_2 + 0,055x_3 + 0,098x_4 + 0,085x_5 \leq 7,$$

для жиру:

$$0,019x_1 + 0,045x_2 + 0,022x_3 + 0,048x_4 + 0,317x_5 \geq 3,2.$$

Причому припустимі границі введення кожного виду сировини визначаються його наявністю і регламентуються відповідними зоотехнічними вимогами у вигляді обмежень:

для пшениці	$25 \leq x_1 \leq 40$;	для вівса	$25 \leq x_2 \leq 35$;
для ячменя	$25 \leq x_3 \leq 10$;	для шроту	$3 \leq x_4 \leq 10$;
для БВД	$12 \leq x_5 \leq 25$,	при	$x_j \geq 0, j = \overline{1,5}$.

Розрахункова вага комбікорму визначається рівнянням:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 100.$$

Відповідно до методики застосування симплекс-методу, приводимо задачу до канонічного виду, в рамках чого необхідно знайти мінімум функції

$$F(x) = 0,45x_1 + 0,35x_2 + 0,02x_3 + 0,8x_4 + 0,05x_5 - Mx_{21} - Mx_{22} - Mx_{23} - Mx_{24} - Mx_{25} - Mx_{26} - Mx_{27} - Mx_{28} - Mx_{29} - Mx_{30};$$

при наступних умовах

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_{21} = 100 \\ 1,21x_1 + x_2 + 1,15x_3 + 1,06x_4 + 1,2x_5 - x_6 + x_{22} = 105 \\ 0,115x_1 + 0,105x_2 + 0,11x_3 + 0,42x_4 + 0,345x_5 - x_7 + x_{23} = 16 \\ 0,0039x_1 + 0,0038x_2 + 0,0044x_3 + 0,0121x_4 + 0,028x_5 - x_8 + x_{24} = 0,82 \\ 0,027x_1 + 0,103x_2 + 0,055x_3 + 0,098x_4 + 0,085x_5 + x_9 = 7 \\ 0,019x_1 + 0,045x_2 + 0,022x_3 + 0,048x_4 + 0,317x_5 - x_{10} + x_{25} = 3,2 \\ x_1 - x_{11} + x_{26} = 25 \\ x_1 + x_{12} = 40 \\ x_2 - x_{13} + x_{27} = 25 \\ x_2 + x_{14} = 35 \\ x_3 - x_{15} + x_{28} = 10 \\ x_3 + x_{16} = 25 \\ x_4 - x_{17} + x_{29} = 3 \\ x_4 + x_{18} = 10 \\ x_5 - x_{19} + x_{30} = 12 \\ x_5 + x_{20} = 25 \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,30} \end{array} \right.$$

Потім будемо першу симплекс – таблицю (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Вихідна симплекс-таблиця.

	B	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30			
X21	100.0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
X22	105.0	1.21	1	1.15	1.06	1.2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
X23	16.0	0.115	0.105	0.11	0.42	0.345	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
X24	0.82	0.0039	0.0038	0.0044	0.0121	0.028	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
X9	7.0	0.027	0.103	0.055	0.098	0.085	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
X25	3.2	0.019	0.045	0.022	0.048	0.317	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
X26	25.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
X12	40.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
X27	25.0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
X14	35.0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
X28	10.0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
X16	25.0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
X29	3.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
X18	10.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
X30	12.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
X20	25.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	300.02	3.3479	3.1538	3.2864	3.5401	3.89	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	-0.45	-0.35	-0.2	-0.28	-0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Із табл. 3.5 одержуємо початкове припустиме рішення: $X_0 = (0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 7; 0; 0; 40; 0; 35; 0; 25; 0; 10; 0; 25; 100; 105; 16; 0,82; 3,2; 25; 25; 10; 3; 12)$, звідки видно, що отриманий план X_0 не є оптимальним, так як в рядку цільової функції є негативні елементи. Переходимо до нового, поліпшеного плану, для чого вибираємо ведучий стовпець по максимальному модулю серед негативних елементів рядка цільової функції. Перемінна, що відповідає цьому стовпцю вводиться в базис. Далі вибираємо ведучий рядок. Для цього обчислюємо відношення елементів стовпця B до відповідних позитивних елементів ведучого стовпця. Та перемінна, котрій відповідає мінімальне з цих відношень, вводиться в базис. Після цього будуємо нову симплекс – таблицю, для чого у попередній таблиці всі елементи ведучого рядка ділимо на ведучий елемент, а всі інші елементи перераховуємо за правилом прямокутника.

Одержаний новий план також перевіряють на оптимальність. Перехід від одного плану до іншого продовжують доти, поки в рядку цільової функції не залишиться жодного негативного елемента.

У нашому випадку розрахунок виконуємо по стандартній комп'ютерній програмі у відповідності до блок-схеми, що представлена на рис. 3.8.



Рис. 3.8. Блок-схема комп'ютерної оптимізації рецепту комбікормів.

В результаті реалізації комп'ютерної програми, оптимальний план отримано на 13-ому кроці (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

Підсумкова симплекс-таблиця.

	B	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
X6	8.58	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-0.0	0	0.2	0	0	-0.1	0.1	0	0	0
X15	15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
X8	0.135	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-0.0	0	0	0	0
X19	10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	-1	1	0	1	0
X9	0.211	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X5	22.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	-1	1	0	0	0
X1	25.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X12	15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
X2	25.0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
X14	10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
X3	25.0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
X20	3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	1	-1	0	0	1
X4	3.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
X18	7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
X10	6.068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3	0	0.3	0	0	-0.3	0.3	0	0	0
X7	1.05	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.2	0	0.2	0	0	-0.2	-0.1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0.3	0	0	0.0	0.8	0	0	0

На підставі табл. 3.6 одержуємо наступні значення параметрів:
 $X^*=(25;25;25;3;22;8,58;1,05;0,135;0,211;6,068;0;15;0;10;15;0;0;7;10;3)$,
відкіля видно, що для одержання оптимального рецепта комбікорму для прийнятих вихідних умов, необхідно таке співвідношення інгредієнтів: пшениці - 25 кг, вівса - 25 кг, ячменя - 25 кг, шроту - 3 кг, БВД - 22 кг. При цьому мінімальна вартість однієї тонни комбікорму склала 240 грн.

Подальшим підвищенням стійкості рішення рецептурної задачі є заміна вартісної цільової функції бальною оцінкою, що дозволить з більшою вірогідністю враховувати фактичні переваги сировини. Також важливо враховувати ступінь переварювання компонентів, які входять в отриманий оптимальний рецепт комбікорму, що дозволить повною мірою забезпечити тварин усіма живильними речовинами. Остання проблема вирішується введенням коректив щодо наявності відповідних показників поживності у вихідних умовах.

Такий підбір інгредієнтів дійсно задовольняє зоотехнічним вимогам щодо поживності комбікорму, причому кількість кожного інгредієнта взято з урахуванням його наявності, а вартість комбікорму при цьому є мінімальною.

В результаті комп'ютерна оптимізація виконавчих рецептів комбікормів дозволить:

- забезпечувати безперебійний ритм роботи лінії приготування комбікормів;
- виробляти комбікорми з урахуванням фактичних показників поживності і вартості сировини та готової продукції;

- попереджати перевитрати одних видів сировини і утворення надлишків інших.

При цьому для чіткого функціонування об'єкта, комп'ютерна база даних повинна включати наступну нормативно-довідкову інформацію :

- класифікатор наявності сировини і готової продукції;
- класифікатор показників якості сировини і готової продукції;
- максимальні і мінімальні показники поживності по видах продукції;
- максимальні та мінімальні норми введення сировини в комбікорм;
- табличні дані поживності сировини та ціни на неї;
- обмеження на групове введення сировини в комбікорми;
- обмеження на введення добавок та преміксів у комбікорми;
- нормативи прибутку і витрати по переробці продукції.

Даний алгоритм реалізується у складі програмного забезпечення АСУТП малогабаритних комбікормових установок з метою оптимізації показників роботи автоматизованого технологічного комплексу.

Управління технологічним процесом.

З метою розробки керуючої програми для технологічного процесу, варто розглянути загальну структуру мікропроцесорної системи (рис. 3.9).

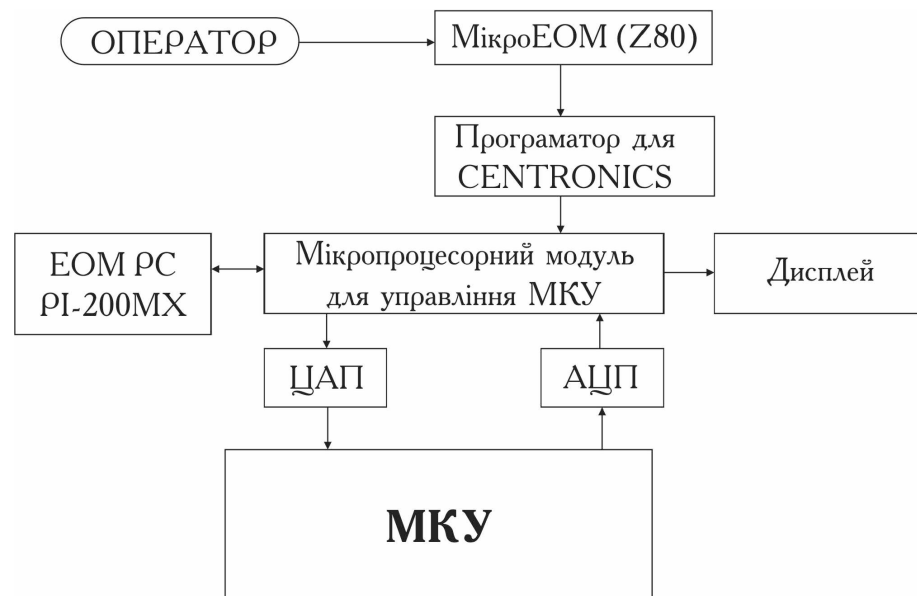


Рис. 3.9. Загальна структура мікропроцесорної системи.

Вона включає системний генератор, який формує сигнали, що тактирують, для центрального процесора і формувача телевізійних

сигналів, а також тактову послідовність імпульсів для графічного контролера і формувача адрес (частина "GRAF").

Адресні лінії (ША) ЦП пов'язані з адресними входами системного контролера, системного РПЗУ, комутатора адрес (рядки/стовпчики) системного ОЗУ, регістрами адреси рядків і стовпчиків (частина "GRAF") і дешифратором адрес портів клавіатури (частина " АЛЕ "). Шина даних (ШД) ЦП не буферизована і безпосередньо сполучена з виходом даних системного РПЗУ, із входами і виходами даних системного ОЗУ, із входами даних порту виводу на телевизор (TV) і регістра даних (частина "GRAF"), із виходами даних порту виводу на IBM і гучномовця (частина " АЛЕ "), із виходами даних порту введення з магнітофона клавіатури (частина " АЛЕ "), із виходами порту введення з джойстика (частина " АЛЕ ").

Сигнали керування MREQ (запит пам'яті) і IORQ (запит вводу/виводу) надходять на системний контролер, а сигнали WR (запис) і RD (зчитування) - на системний контролер і системне ОЗУ.

БІС рівнобіжного інтерфейсу, що програмується КР580ВВ55 призначена для організації вводу/виводу рівнобіжної інформації різноманітного формату і дозволяє реалізувати більшість відомих протоколів обміну по рівнобіжних каналах (табл.3.7). БІС рівнобіжного інтерфейсу, що програмується (ППІ) може використовуватися для сполучення мікропроцесора зі стандартним периферійним устаткуванням (дисплеєм, телетайпом, накопичувачем).

Таблиця 3.7.

Опис виводів ППІ.

Позначення виводу	Номер контакту	Призначення виводу
D(7-0)	27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34	Вхід/вихід даних
RD	5	Читання; L-рівень сигналу дозволяє зчитування інформації з регістра, що адресується по входах АТ, А1 і шину D(7-0)
WR	36	Запис; L- рівень сигналу дозволяє запис інформації із шини D(7-0) у регістр ППІ, що адресується по входах А0, А1
А0, А1	9; 8	Входи для адресації внутрішніх регістрів ППІ
RESET	35	Скидання; Н-рівень сигналу обнуляє регістр керуючого слова і установлює всі порти в режим уведення
CS	6	Вибір мікросхеми; f. -рівень сигналу підключає ППІ до системної шини
РА(7-0)	37; 38; 39; 40; 1; 2; 3; 4	Вхід/вихід каналу А
РВ(7-0)	15; 24; 23; 22; 21; 20; 19; 18	Вхід/вихід каналу У
РС(7-0)	10; 11; 12; 13; 17; 16; 15; 14	Вхід/вихід каналу С

Ucc	26	Напруга живлення (+5 В)
GND	7	» » (0 В)

До складу БІС входять: двонаправлений 8-розрядний буфер даних (*BD*), що зв'язує ППІ із системною шиною даних; блок керування записом/читанням *{RWCU}*, що забезпечує керування зовнішніми і внутрішніми передачами даних, керуючих слів і інформації про стан ППІ; три 8-розрядних канали вводу/виводу (*PORT A, B и C*) для обміну інформацією з зовнішніми пристроями; схема керування групою *A (CUA)*, що виробляє сигнали керування каналом *A* і старшими розрядами каналу *C* [PC (7-4)]; схема керування групою *У (CUB)*, що виробляє сигнали керування каналом *B* и каналу *C* [PC (3-0)].

Фрагмент програми, що реалізує процес введення в пам'ять мікроЕОМ сигналів групи з *N* аналогових ВП за допомогою ППІ й аналого-цифрового перетворювача (АЦП), може мати такий вигляд:

```

DI          ;ЗАПРЕЩЕНИЕ ПРЕРЫВАНИЯ
MVI A,0BBh  ;УПАКОВКА РЕЖИМА
OUT OFFH   ;РАБОТЫ ППИ
LXI H,ADDR  ;ЗАГРУЗКА АДРЕСА В HL
MVI D,N     ;УСТАНОВКА СЧЕТЧИКА Wait;
IN OFEH    ;ВВОД ИЗ ПОРТА С
ANI 80h    ;ПРОВЕРКА ГОТОВНОСТИ АЦП
JZ Wait     ;ВОЗВРАТ, ЕСЛИ АЦП НЕ ГОТОВ
IN OFDH    ;ВВОД 8-МИ МЛАДШИХ РАЗРЯДОВ АЦП ИЗ
            ПОРТА В
MOV M,A    ;ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ
INX H     ;ИЗМЕНЕНИЕ АДРЕСА
IN OFEH   ;ВВОД ИЗ ПОРТА С
ANI 03H  ;ВЫДЕЛЕНИЕ 2-Х СТАРШИХ РАЗРЯДОВ АЦП
MOV M,A  ;ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ
INX H   ;ИЗМЕНЕНИЕ АДРЕСА
DCR D   ;ИЗМЕНЕНИЕ СЧЕТЧИКА
JZ EXIT ;ЗАКОНЧИТЬ ОБРАБОТКУ ; ГЕНЕРАЦИЯ
        ;СИГНАЛА ДЛЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ АЦП
MVI A,00001101B
OUT OFEH ;СБРОС РАЗРЯДА РС6
MVI A,00001101B
OUT OFEH ;УСТАНОВКА РАЗРЯДА РС6 ; ;КОНЕЦ
        ;ГЕНЕРАЦИИ; СИГНАЛА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ
JMP WAIT ;ПЕРЕХОД ДЛЯ ВВОДА СИГНАЛА
        СЛЕДУЮЩЕГО ДАТЧИКА
EXIT: EI  ;РАЗРЕШЕНИЕ ПРЕРЫВАНИЯ

```

Програма може запускатися у визначені моменти часу за запитом переривання від таймера, що підключає АЦП до ВП. Після перетворення сигналу одного з ВП, АЦП виробляє керуючий сигнал «готовності», що вказує на необхідність введення інформації в пам'ять і можливість переключення його для перетворення сигналу даного ВП. Програма організує цикл для обробки сигналів 01 усіх ВП системи, здійснює запис інформації з АЦП у виділену область пам'яті і за допомогою режиму порозрядно керування каналом *C* генерує сигнал «переключення» АЦП для обробки інформації чергового каналу.

Програма припускає використання в системі 10-розрядного АЦП, вісім молодших розрядів якого вводяться в осередок пам'яті по каналу *У*, а два старших розряди по лініях *PC7*, *PC0* каналу *C* в інший осередок пам'яті. По лінії *PC7* надходить сигнал «готовності» від АЦП, а скидання й установка розряду *PC6* використовуються для одержання сигналу «переключення» АЦП. Керуюче слово задає таку конфігурацію ППІ: канал *B*- введення в режимі 0\ лінії *PC1*, *PC0* каналу *C*- введення в режимі 0; канал *A* не використовується, але настроюється на введення в режимі 1, щоб використовувати лінію *PC7* для введення і наступного аналізу сигналу «готовності» АЦП і управляти скиданням-установкою розряду *PC6*. Канал *C* в програмі має адреса *FE*, канал *У* - *FD*, регістр керування - *FE*; початковій адресі області пам'яті для збереження сигналів ВП привласнене символічне ім'я *ADDR*.

Таким чином представлені математичні моделі та програми дозволили реалізувати процес управління АТК у відповідності до синтезованих критеріїв.

4. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

4.1. Формалізація АТК, визначення та оцінка параметрів якості функціонування об'єкта.

В результаті проведеного вище аналізу технологічних схем існуючих як вітчизняних, так і закордонних малогабаритних комбікормових установок, із застосуванням спеціальної модульної системи, була отримана структура узагальненої МКУ із такою послідовністю основних технологічних операцій [7]:

- прийом зернових компонентів і їхній розподіл у шість наддозаторних бункерів;
- дозування інгредієнтів і їхнє подрібнення;
- завантаження і дозування мікродобавок у вивантажувальної збірний шнек;
- змішування та НВЧ-обробка компонентів;
- завантаження продукції в бункера готової продукції і її відпуск.

Проаналізувавши синтезовану узагальнену МКУ як об'єкт автоматизації, були отримані контрольовані і регульовані параметри, на підставі чого розроблено структурно-алгоритмічну схему, що показана на рис. 4.1. Дана схема відображає структуру комплексу технічних засобів системи автоматизації узагальненої МКУ, а також дає можливість судити про статичні і динамічні властивості як окремих її елементів, поданих відповідними операторними диференційними рівняннями у виді передатних функцій, так і системи в цілому. Так на рис. 4.1 блок дозування зернових компонентів апроксимовано за числом бункерів ланками відповідно: $W1(p)$ - $W4(p)$, $W5(p)$ - $8(p)$, $W9(p)$ - $W12(p)$, $W13(p)$ - $W16(p)$, $W17(p)$ - $W20(p)$, $W21(p)$ - $W24(p)$. Робота дробарки описана ланкою $W26(p)$, із контролем завантаження приводного двигуна $W25(p)$ за допомогою трансформатора струму $W27(p)$. На виході з дробарки контроль продуктивності і ступеня подрібнення зернової фракції реалізується відповідно витратоміром $W29(p)$ і дисперсаналізатором $W28(p)$.

Контури управління дозованою подачею мікродобавок відображені передатними функціями $W30(p)$ - $W33(p)$, $W34(p)$ - $W37(p)$, $W38(p)$ - $W41(p)$, $W42(p)$ - $W45(p)$. На виході зі збірного шнеку здійснюється контроль сумарної витрати суміші пристроєм $W46(p)$, її однорідності та зараженість - комбінованим вимірювальним перетворювачем $W47(p)$, на підставі чого приймається рішення про необхідність

Рис. 4.1. Структурно-алгоритмічна схема УМКУ.

додаткового змішування і знезаражування матеріалу включенням до складу технологічної лінії пневмосепаратора-транспортера W56(p), що працює на принципі псевдозрідження з одночасною НВЧ-обробкою комбікорму. При цьому контур управління подачею повітря, що зріджує, апроксимовано ланками W48(p) - W51(p), а регулювання рівня НВЧ-обробки - ланками W52(p) - W55(p). Ланки W57(p) - W60(p) відображають завантаження комбікорму в бункера готової продукції та контроль її відвантаження. З використанням правил перетворення структурних схем автоматики, а також базуючись на основних положеннях теорії автоматичного регулювання відносно математичного опису статичних і динамічних властивостей систем, отримані передаточні функції каналів управління:

По струму навантаження

$$W_I(P) = \frac{W_{e1}(P)}{1 + W_{e1}(P) \cdot W_{25}(P) \cdot W_{27}(P)},$$

де $W_{e1}(p)$ - еквівалентний контур блоку дозування зернових компонентів.

По ступеню розмелу

$$W_{cp}(P) = \frac{W_{11}(P) \cdot W_{26}(P)}{1 + W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P) \cdot W_{e2}(P)}.$$

По подачі зернової фракції

$$W_{pex.3.\Phi}(P) = \frac{W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P)}{1 + W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P) \cdot W_{29}(P)}.$$

По подачі комбікорму в змішувач

$$W_{pacc.kk.}(P) = \frac{W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P) \cdot W_{e2}(P)}{1 + W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P) \cdot W_{e2}(P) \cdot W_{29}(P)},$$

де W_{e2} - еквівалентний контур блока дозування мікродобавок.

По зараженості та однорідності суміші

$$W_{30}(P) = \frac{W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P) \cdot W_{e2}(P)}{1 + W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P) \cdot t_{e2}(P) \cdot W_{47}(P)}.$$

Загальна після змішування і НВЧ-обробки

$$W_{31.}(P) = [W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P) + W_{e2}(P) + W_{e3}(P)] \cdot W_{56}(P).$$

Загальна передаточна функція

$$W_3(P) = [W_{e1}(P) \cdot W_{26}(P) + W_{e2}(P) + W_{e3}(P)] \cdot W_{56}(P) \cdot W_{57}(P) \cdot W_{e4}(P).$$

Після визначення параметрів передаточних функцій ланок структурно-алгоритмічної схеми, розрахунок яких виконаний у координатах "вихід - вхід" з урахуванням конструктивних особливостей МКУ, статичних і динамічних властивостей масопотоків компонентів і

готової продукції, а також характеристик технічних засобів автоматизації, передаточні функції зазначених вище каналів управління отримані у вигляді відношень поліном виду

$$W_i(P) = \frac{b_0 P^m + b_1 P^{m-1} + \dots + b_{m-1} P + b_m}{a_0 P^n + a_1 P^{n-1} + \dots + a_{n-1} P + a_n}, \quad (4.1)$$

де $n > m$.

З метою подальшого аналізу системи, доцільно побудувати сполучені логарифмічні АЧХ і ФЧХ контурів регулювання у вигляді діаграми Боде, що дозволяє визначити “технічну стійкість” об'єкта автоматизації, навіть при його теоретичній нестійкості, визначеній за класичними алгебраїчними критеріями. У нашому випадку, комп'ютерний розрахунок матриць, отриманих на підставі характеристичних рівнянь передаточних функцій виду виявив, що нестійким є контур управління по ступеню розмелу, що можна пояснити застосуванням інерційного дисперсаналізатора, так як контур контролю подачі, що має аналогічну структуру і відрізняється лише безінерційним вимірювальним перетворювачем, виявився стійким. Характеристики контурів управління на діаграмі Боде будуються по асимптотичних виразах логарифмічних амплітудних і фазових характеристик, точки зламу яких визначаються логарифмом частот сполучення, для одержання яких необхідне знаходження коренів відповідних поліномів. Для цього з використанням стандартної функції пакету Mathcad

Корені:= polyroots (Коефіцієнти)

були визначені корені відповідних поліномів, а передаточні функції типу (4.1), представлені у вигляді відношення дрібно-раціональних функцій

$$W_i(P) = K \frac{(P - \alpha_1)(P - \alpha_2) \dots (P - \alpha_n)}{(P - j_1)(P - j_1) \dots (P - j_n)}, \quad (4.2)$$

де K - коефіцієнт передачі контуру, який визначається через приведення до одиниці вільних членів поліномів, тобто $K = \frac{1/b_m}{1/a_n}$;

α_n, j_n – корені поліномів відповідно чисельника та знаменника рівняння виду (4.1)

Записавши рівняння (4.2) у частотному виді і виражаючи їхні модулі у децибелах, беручи $20 \lg W |j\omega|$, одержуємо [7] вирази для побудови діаграми Боде, показаної на рис. 4.2. При цьому для частот спряження нахил ЛАХ відповідає

$$\pm n_i 20 \text{ дб} = \lg \omega^{\pm n_i},$$

а зміна фази, що відкладається в градусах,

$$\pm n 20 \text{ дб} = \pm n 90^\circ,$$

де n - коефіцієнт, що залежить від виду коренів поліном.

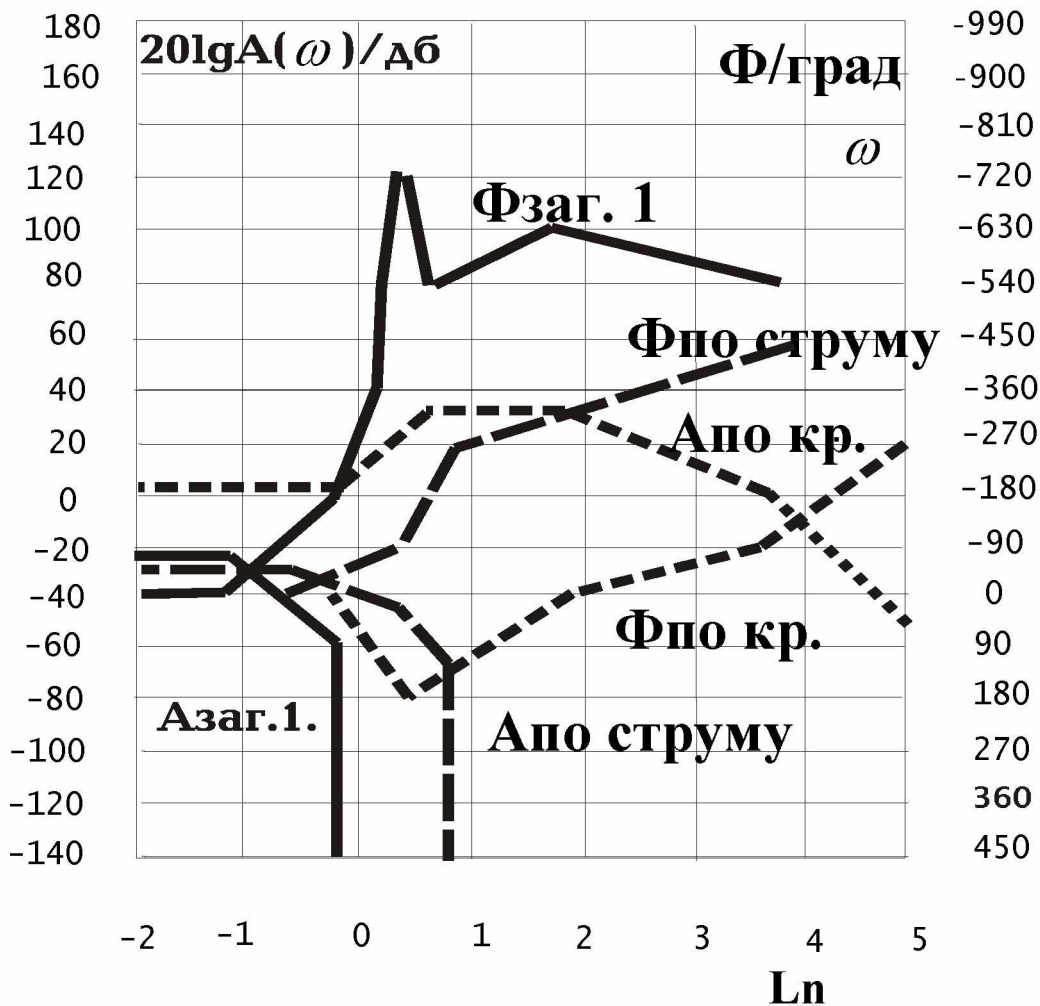


Рис. 4.2. Діаграма Боде.

З рис. 4.2. видно, що контури управління по струму і загальний, що характеризує потік комбікорму до подачі у змішувач, є абсолютно стійкими, так як їхні АЧХ розташовані нижче значення 0 дБ, а для теоретично нестійкого контуру управління по ступеню розмелу, із збільшенням частоти спостерігається випереджаюче перетинання ЛАЧХ рівня 0 дБ відносно перетинання ЛФЧХ рівня -180 град., що свідчить про технічну стійкість даного контуру із запасом по амплітуді біля 20 дБ, а по фазі – приблизно 90 град. Це можна пояснити додатковим демпфуванням системи за рахунок практично плавної зміни регулюючих впливів з боку виконавчих механізмів, які у чисто теоретичних розрахунках прийнято вважати скачкоподібними.

Таким чином можна зробити висновок про екстремальний характер керування процесом приготування комбікормів на МКУ, який потребує постійної корекції уставок локальних регуляторів, що не під силу традиційним САУ, а потребує організації ієрархічної структури з використанням засобів обчислювальної техніки, тобто розробки АСУТП.

4.2. Шляхи раціонального використання електроенергії.

Всі технологічні операції, що мають місце при виробництві комбікормів, можна поділити на основні і допоміжні. Основні з них пов'язані з приведенням показників інгредієнтів і сумішей у відповідність із зоотехнічними вимогами. До них відносять: очищення, шелушіння, подрібнювання, сушіння компонентів, приготування і введення мікродобавок, дозування, змішування, облік і видачу готової продукції. Допоміжні операції забезпечують послідовність виконання технологічного процесу і узгодження режимів роботи агрегатів технологічної лінії. До них відносяться транспортування, розміщення і зберігання компонентів, переробка відходів, тощо. Перелік операцій, а також основні фактори, від яких залежать витрати енергії на них [10, 26], показано на рис. 4.3.

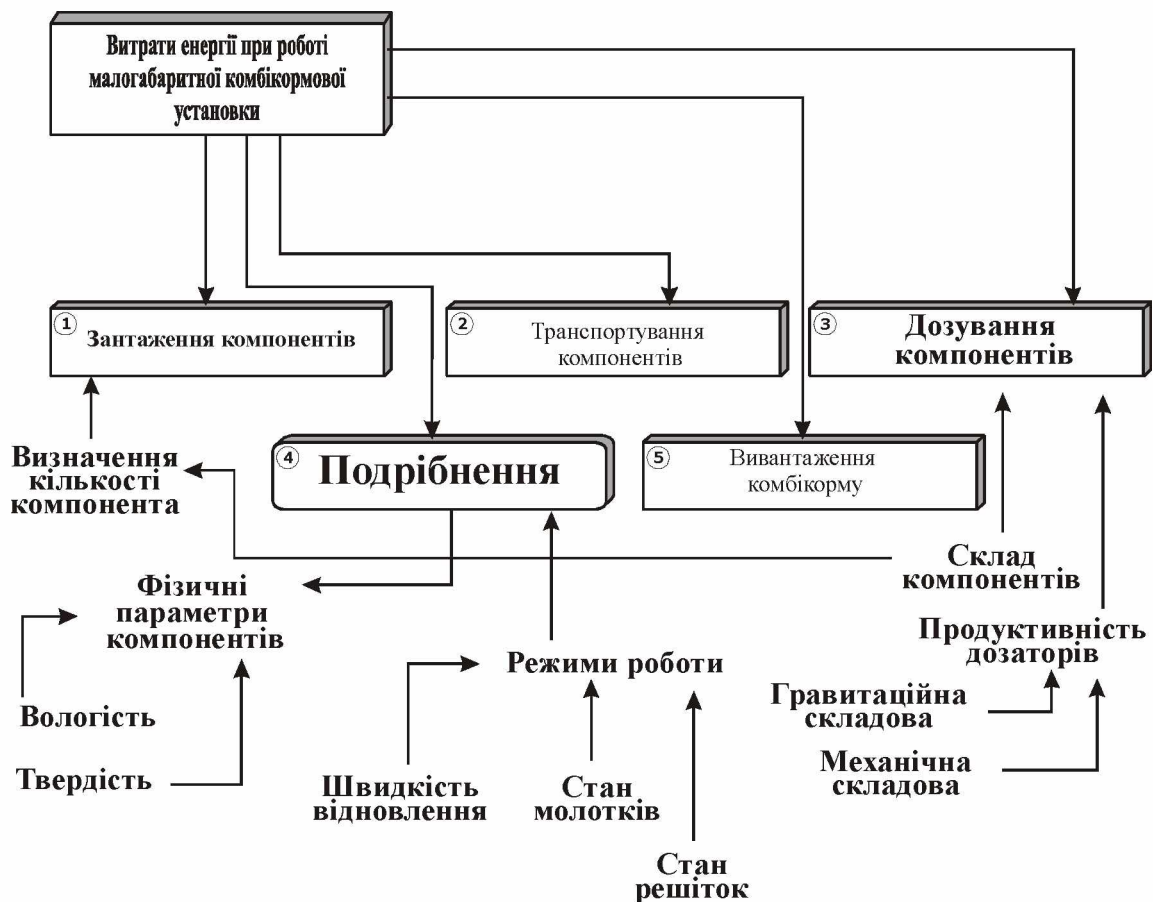


Рис. 4.3. Основні операції та фактори, що впливають на енергоспоживання МКУ.

Процес доведення гранулометричного складу сировини до відповідності зоотехнічним вимогам є найбільше енергоємним у МКУ, а тому найбільш вагомим з точки зору енергозаощадження. За чисельними літературними даними [1, 2, 12], на процес подрібнення витрачається 55-60% від загальних витрат енергії на процес виробництва комбікормів (рис. 4.4).

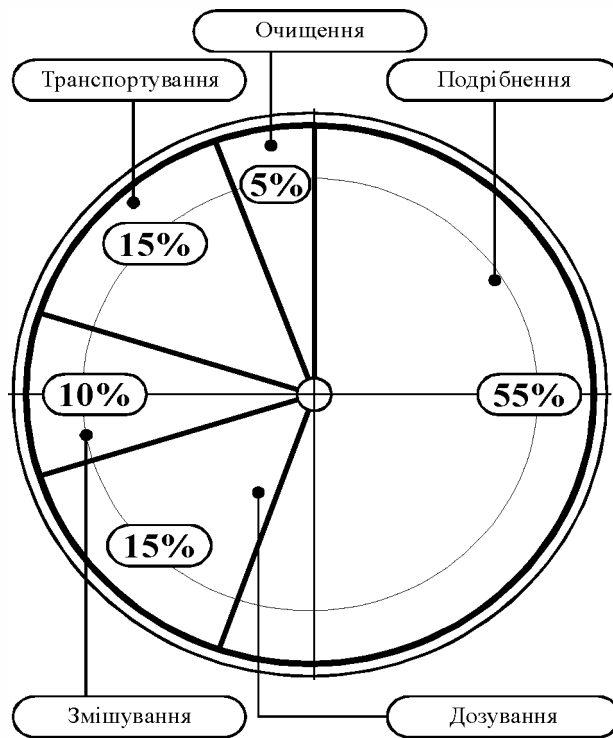


Рис. 4.4. Розподіл витрат електричної енергії на технологічні операції.

Слід зауважити, що у більшості як вітчизняних, так і закордонних МКУ, силовий привід здійснюється нерегульованими асинхронними двигунами, які є перетворювачами електричної енергії в механічну і основними споживачами електричної енергії. А потужність, що споживається з електричної мережі такими двигунами у режимі завантаження, близькому до номінального, витрачається приблизно у співвідношенні, показаному на діаграмі рис. 4.5.

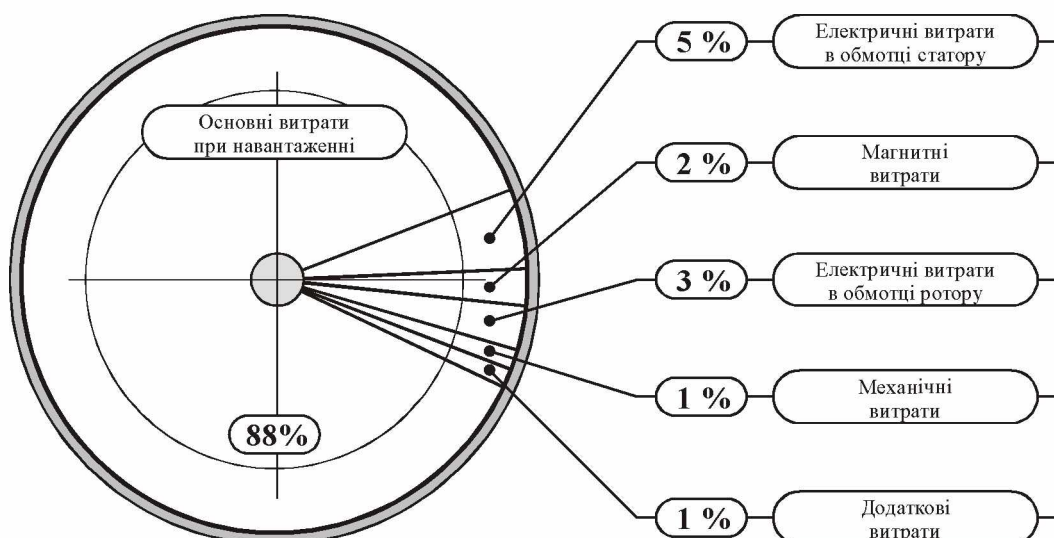


Рис. 4.5. Розподіл втрат потужності у асинхронному електродвигуні.

З діаграми видно, що більша частина електричної енергії, яка споживається, витрачається електродвигуном на основні витрати, пов'язані з реалізацією робочого процесу, а остання іде на різноманітні

втрати. Співвідношення цих потужностей визначає ефективність перетворення і використання електричної енергії, залежить від коефіцієнту завантаження двигуна і має екстремальний характер.

Тому кількість енергії, яка споживається малогабаритною комбікормовою установкою, може бути описана рівнянням:

$$W = W_{\text{подр}} + W_{\text{дзу}} + W_3 + W_{\text{рзм}}$$

де $W_{\text{подр}}$ - кількість енергії на здрібнювання (роздрібнення) комбікорму;

$W_{\text{дзу}}$ - енергія, що витрачається на дозування компонентів;

W_3 - кількість енергії, що витрачається на завантаження компонентів і добавок;

$W_{\text{рзм}}$ - кількість енергії на розвантажно-змішувальні роботи.

Визначення параметрів енергозберігаючого режиму функціонування МКУ можна здійснити розрахунковим шляхом за спеціальним, досить складним математичним алгоритмом з використанням ЕОМ, або за допомогою спеціальної номограми [26], представленої на рис. 4.6. Ця номограма дозволяє визначити оптимальні значення завантаження камери і частоти обертання ротора дробарки, як найбільш енергоємного агрегату МКУ, що у свою чергу забезпечить протікання процесу подрібнювання з мінімально можливими питомими витратами електричної енергії.

Перевагами розрахунків з використання номограми є її наглядність, простота користування, можливість інтерполяції та екстраполяції вхідних змінних. Номограма побудована з використанням результатів експериментальних та теоретичних досліджень і може бути використана як при однокомпонентному, так і багатоконпонентному подрібнюванні.

Функціонально номограма поділена на чотири квадранти. У квадранті I представлено сімейство кривих, які відображають залежність питомих витрат електричної енергії від об'ємної маси суміші при різних значеннях подрібнюватності, яка характеризується коефіцієнтом k_p і визначається типом компоненту або складом суміші. Вхідним параметром для визначення режимів роботи є об'ємна маса суміші, що подрібнюється, значення якої показані на осі 1 квадранта I. Далі, у залежності від k_p , вибирається відповідна крива (значення k_p вказані зверху і знизу кривих). При багатоконпонентному подрібнюванні k_p визначається, виходячи з процентного співвідношення компонентів у рецепті і значень коефіцієнта для кожного компонента (приведені в довідковій таблиці у правому верхньому куті квадранта), за формулою

$$k_p = \sum_{i=1}^n k_{pi} \cdot \mu_i,$$

де k_{pi} - коефіцієнт подрібнюватності i -го компоненту;

μ_i - частка i -го компоненту в рецепті;

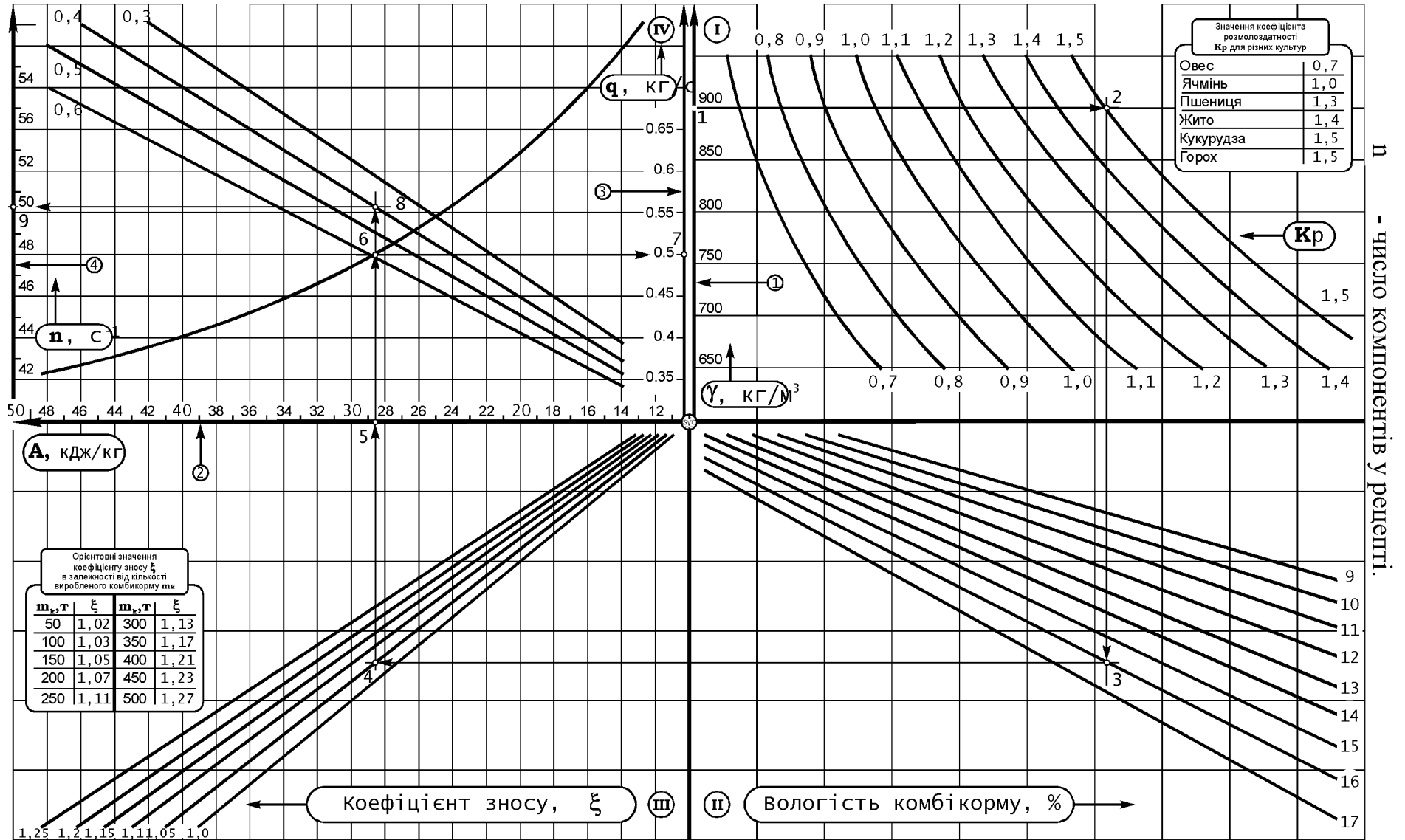


Рис. 4.6. Номограма для визначення енергозберігаючих режимів роботи МКУ.

У квадранті II зображене сімейство прямих, що характеризує вплив вологості суміші на витрати енергії. Значення вологості позначені біля кожної прямої в правій нижній частині квадранта.

З використанням сімейства прямих у квадранті III враховується вплив ступеню зносу робочих органів дробарки. Прямі побудовані для різних коефіцієнтів зносу (значення указані в нижній частині квадранта біля кожної прямої).

Квадрант IV є завершальним у процесі визначення режимів роботи дробарки. По осі 2 визначаються значення питомих витрат електричної енергії (кДж/кг), що відповідають поточним ФМС компонента (суміші компонентів) і стану робочих органів агрегату. На осі 3 зазначені значення завантаження дробильної камери, кг/із, а на осі 4 - значення частоти обертання ротора, s^{-1} . З використанням кривої гіперболічного виду визначають значення оптимального завантаження, а за допомогою сімейства прямих - значення оптимальної частоти обертання ротора при різноманітних значеннях завантаження (зазначені між кожною із прямих у лівій верхній частині квадранта).

Правила користування номограмою наступні. На осі шкали 1 визначають точку, що відповідає значенню об'ємної маси сировини, що подрібнюється (точка 1). Далі перпендикулярно осі проводять пошуковий промінь до перетинання з кривою, що відповідає коефіцієнту подрібнюватності компонента й одержують точку 2. Після цього паралельно осі 1 проводять пошуковий промінь униз до перетинання в квадранті 2 із прямою, відповідному значенню вологості сировини (точка 3). Змінюючи напрямок пошукового променя на перпендикулярне, проводять його вліво до перетинання в квадранті III із прямою, що характеризує стан робочих органів дробарки, одержуючи точку 4. Піднімаючи пошуковий промінь вертикально нагору, на перетинанні з віссю 2 одержують точку 5. Значення на шкалі осі 2, що відповідає положенню точки 5, буде визначати розмір питомих витрат електричної енергії на процес здрібнювання при даних ФМВ компонентів і стані устаткування. Для визначення режимів роботи пошуковий промінь продовжують у тому ж напрямку до перетинання з гіперболічною кривою (точка 6). Після чого, змінюючи напрямок прямування променя на 90 по годинній стрілці, проводять його до перетинання з віссю 3 і визначають значення завантаження дробильної камери (точка 7). Далі, для визначення частоти обертання ротора пошуковий промінь від точки 6 продовжують у тому ж напрямку до перетинання з прямою, що відповідає визначеному раніше значенню завантаження камери (точка 8), і змінюючи його напрямок на 90 проти годинної стрілки, проводять пряму до перетинання з віссю 4. Отримана точка на осі 4 (т.9) буде відповідати значенню частоти обертання ротора, що забезпечує протікання процесу здрібнювання з мінімальними питомими витратами електричної енергії.

Для оцінки результатів, одержаних розрахунками та з використанням номограми, треба визначити значення відносної похибки за виразом

$$\Delta A = \frac{|A_p - A_n|}{A_p} \cdot 100\%,$$

де A_p, A_n - значення параметру відповідно розраховане на ЕОМ та визначене за допомогою номограми.

Похибка визначення енергозберігаючих режимів роботи дробарки склала:

- при визначенні питомих витрат електричної енергії 1,1%;
- при визначенні завантаження дробарки 4,5%;
- при визначенні частоти обертання ротора 1,27%.

Таким чином, максимальна похибка номографічного методу визначення параметрів енергозберігаючих режимів роботи дробарок не перевищує 5%, що є достатнім для інженерних розрахунків.

З урахуванням розподілу витрат енергії, представлених на рис. 4.4 та 4.5, можна сформулювати п'ять основних напрямків, реалізація яких спрямована на досягнення енергозберігаючих режимів роботи малогабаритних комбікормових установок.

Перший напрямок передбачає удосконалення методик вибору двигунів для конкретних агрегатів з урахуванням умов їх експлуатації. Так двигуни недостатньої потужності швидко виходять з ладу, а завищеної потужності неефективно перетворюють енергію. Даний принцип може бути використаний в МКУ тільки на стадії проектування. При цьому передбачити реальне завантаження двигунів практично неможливо, оскільки розбіжність у фактичній та номінальній продуктивності агрегатів може сягати 40%, що обумовлюється значними флуктуаціями фізико-механічних параметрів вихідних компонентів та складом виконавчих рецептів комбікормів, які залежать від наявної сировини у господарстві та призначення продукції.

Другим напрямком є перехід на нові енергозберігаючі двигуни з покращеною конструкцією та поліпшеними енергетичними показниками. Третім напрямком є використання додаткових технічних засобів, які включаються між двигуном та мережею живлення і забезпечують мінімізацію шкідливого впливу на енергетичні показники відхилення завантаження від номінального.

Перехід від нерегульованого приводу до регульованого представляє четвертий напрямок застосування енергозбереження і має широкі можливості щодо використання в МКУ.

П'ятий напрямок інкапсулює в собі розробку нових критеріїв та методів загального аналізу енергетичної ефективності виробництва комбікормів. Можливість практичного використання результатів даних розробок в останній час значно поширилась через появу мобільних та компактних електронно-обчислювальних засобів, що дозволить

здійснити необхідні розрахунки за відповідними критеріями безпосередньо на МКУ з наступною реалізацією синтезованих керуючих впливів.

Тобто реалізація енергозберігаючих заходів при виробництві комбікормів на малогабаритних комбікормових установках являє собою комплексну проблему, що потребує створення як нових критеріїв управління, так і розробки технічних засобів, які повинні легко адаптуватись та інтегруватись в автоматизовані лінії різного рівня.

4.3. Ефективність впровадження АСУТП МКУ.

4.3.1. Розрахунок в енергетичних одиницях.

Розрахунок загальної енергоємності приготування комбікормів може бути проведений в енергетичних одиницях відповідно до міждержавного стандарту ДСТУ 3682-98, згідно якого оцінка енергетичних витрат може бути реалізована за умови, що всі складові ресурси, які використовуються для виробництва комбікорму, повинні бути виражені в одиницях енергії (МДж). В загальному вигляді розрахунок зводиться до визначення чотирьох основних показників енергоємності:

- енергоресурсів;
- трудових ресурсів;
- затрачених матеріалів;
- інвестицій.

Згідно з цим повна енергоємність виробництва комбікорму в енергетичних одиницях визначається за формулою

$$e = e_e + e_{T.P} + e_m + e_i,$$

де e_e - повна енергоємність енергоресурсів, що витрачаються на дозування, подрібнення та знезаражування комбікорму;

$e_{T.P} + e_m + e_i$ - повна енергоємність відповідно: трудових ресурсів, матеріалів та інвестицій.

Повну енергоємність енергоресурсів, що витрачаються на дозування, подрібнення та знезаражування 1 кг комбікорму можна розрахувати за виразом:

$$e_e = e_n + e_T,$$

де e_n - повна енергоємність енергоресурсів (електроенергія, різноманітні види палива), що витрачаються безпосередньо при виробництві комбікорму, МДж/кг;

e_T - повна енергоємність енергоресурсів, що витрачаються на транспортування комбікорму МДж/кг;

Повну енергоємність енергоресурсів e_n , що витрачається

безпосередньо при виробництві комбікорму, розраховують за формулою

$$e_n = \sum_i Q_{ei} \cdot k_{ei}$$

де Q_{ei} - витрата i -го енергоносія;

k_{ei} - енергетичний еквівалент (коефіцієнт перекладу) i -го енергоносія;

i - індекс виду енергоносія.

При переводі в енергетичні одиниці витрати трудових ресурсів необхідно враховувати не тільки фізичну працю і її аспекти, але й інтегрально-кваліфікаційний рівень робітників. Сумарні витрати трудових ресурсів на виробництво комбікорму комбікормів визначаються як

$$E_{Tp} = \sum_i Q_{Ti} \cdot k_{Ti},$$

де Q_{Ti} - витрати праці на виробництво комбікорму та обслуговування технологічного устаткування, ум. од.

k_{Ti} - енергетичний еквівалент i -ї кваліфікації, МДж/ум. од.;

Енергоємність витрат трудових ресурсів на одиницю виготовленого комбікорму, визначається як

$$e_{T.P} = \frac{E_{Tp}}{Q},$$

де Q – обсяг виробництва комбікорму.

При розрахунку енергетичних витрат на інвестиції, крім витрат на виготовлення, монтаж і наладку й обслуговування комбікормової установки необхідно враховувати енергетичні еквіваленти комбікормів (власні або покупні інгредієнти), а також енергетичні еквіваленти при зміні витрат на ветеринарні і транспортні послуги, тобто

$$e_i = e_{Ob} + e_{TO} + e_L + e_T,$$

де e_{Ob} - енергетичні витрати на виробництво обладнання;

e_{TO} - енергетичні витрати на технічне обслуговування установки;

e_L - енергетичні витрати на ветеринарні послуги;

e_T - енергетичні витрати на транспортні послуги.

Подальші розрахунки слід вести з використанням методики комплексної оцінки техніки та технологій для тваринництва, птахівництва та кормозабезпечення, запропонованої спеціалістами ІМТ УААН (м. Запоріжжя) [12].

4.3.2. Розрахунок техніко-економічної ефективності.

Для визначення доцільності впровадження розробок в сільськогосподарське виробництво необхідно оцінити їх економічну ефективність. Оскільки впровадження саме перспективних і передових наукових розробок, що знаходяться на передньому рубежі наукової

думки, як правило, потребує радикальної зміни технології, то для такого впровадження потрібні досить значні кошти, яких може не бути у новостворених в умовах переходу до ринкової економіки сільськогосподарських підприємств [9]. Тому для реалізації таких розробок необхідне залучення кредитних запозичень. Проте, через високі відсотки на довгострокові кредити, які надаються банківськими установами, складнощі при визначенні застави для отримання кредитів та постійні зміни економічної ситуації, звернення за кредитами, а тим більше визначення строків їх повернення, вимагає нового підходу. На жаль, визначення економічної доцільності капіталовкладень за традиційною методикою через нормативний коефіцієнт (або нормативний строк) окупності в умовах перехідної економіки унеможливується через втрату нормативними показниками будь-якого економічного сенсу, а визначення оптимального строку, на який береться кредит, є взагалі неможливим.

Тому при вирішенні питань впровадження наукових розробок у виробництво у галузі тваринництва, а саме виробництва комбікормів, які потребують досить значних коштів на переобладнання, постала задача вирішити проблему визначення доцільності інвестування та його строків.

Термін окупності капіталовкладень було запропоновано визначати за традиційною формулою

$$T = \frac{K_0}{E_p},$$

де K_0 – капіталовкладення, грн;

E_p – річна економія експлуатаційних витрат та вартість додатково отриманої продукції, грн.

Для того, щоб визначити, чи будуть ефективними капіталовкладення, доцільним є розглянути два варіанта:

- 1) використання запозичених фінансових ресурсів;
- 2) використання власних фінансових ресурсів.

Для обох варіантів капіталовкладення будуть ефективними тільки в тому випадку, якщо існує рішення рівняння для $m > 0$

$$\left(1 + \frac{P}{100}\right)^m K_0 = \frac{m - t}{T} K_0,$$

де K_0 - сума капітальних вкладень, грн.;

T – термін окупності капіталовкладень, років;

t – термін від отримання кредиту або направлення власних коштів на придбання обладнання до початку експлуатації модернізованого обладнання, приймаємо $t = 0,25$ року;

P – процентна ставка банку на вільні засоби юридичної особи, розміщені в банку (у випадку напрямку на модернізацію власних засобів) або процентна ставка банку на кредит, що видається (у випадку притягнення кредитних засобів), % за рік.

Останнє рівняння при скороченні на K_0 набуває вигляду

$$\left(1 + \frac{P}{100}\right)^m = \frac{m - t}{T}$$

Це рівняння є трансцендентним і не може бути легко розв'язаним у радикалах, тому його доцільно вирішувати графічно, при цьому можна буде також визначити межі термінів для повернення кредитів. Для цього достатньо побудувати графік функції

$$f(m) = \left(1 + \frac{P}{100}\right)^m - \frac{m - t}{T}$$

та визначити, при яких значеннях m функція $f(m)$ перетинає вісь абсцис. Мінімум цієї функції відповідає оптимальному строку повернення кредиту, а точка, коли ця функція вдруге перетинає вісь абсцис – максимальному строку їх повернення. Для урахування можливості зміни відсоткової ставки можна провести необхідні розрахунки за одержаною формулою, підставивши замість P залежність $P(m)$.

Базуючись на наведеній вище методиці, були проведені розрахунки по визначенню економічної ефективності впровадження автоматизованих енергозберігаючих технологій виробництва комбікормів в умовах господарств. З врахуванням того, що середня банківська ставка на запозичені кошти $P=18\%$ річних, а річний відсоток для довгострокового кредитування банком $P=31\%$, при побудові графіків (рис. 4.7.а) було визначено, що як у варіанті використання власних коштів, так і при використанні запозичень у банку капіталовкладення будуть вигідними.

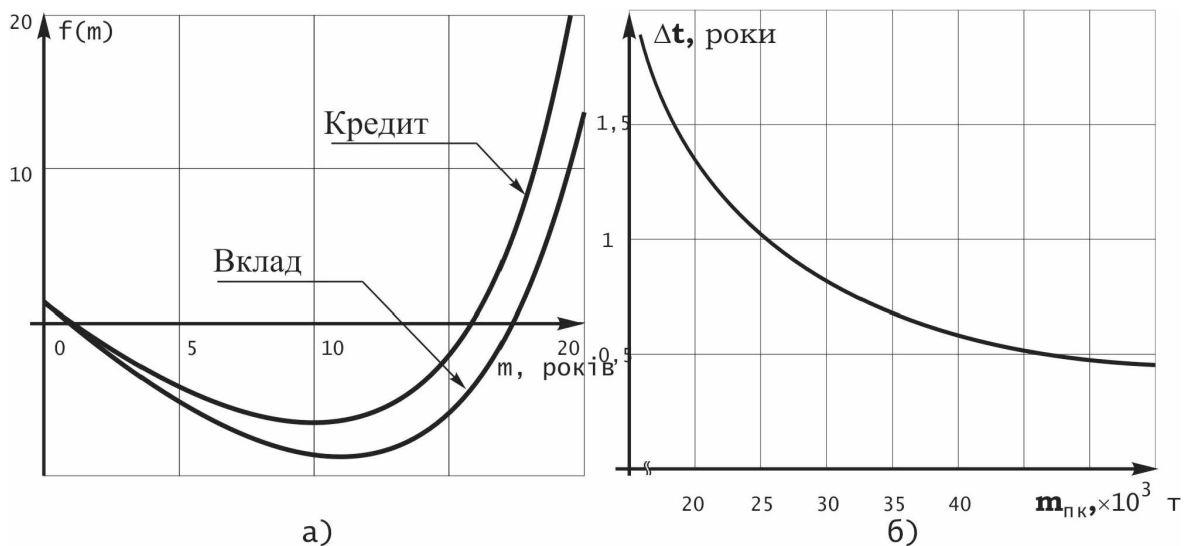


Рис. 4.7. Результати оцінки економічної ефективності від впровадження автоматизованих енергозберігаючих технологій виробництва комбікормів в умовах господарств:

- а) – при визначенні строку повернення кредитів;
- б) – при визначенні строку окупності в залежності від обсягу випущеної продукції.

При визначенні економічної ефективності енергозберігаючих технологій при виробництві комбікормів за рахунок власних коштів встановлено, що величина строку (рис. 4.7, б) окупності залежить від кількості виробленої продукції. Тому доцільним є збільшення завантаження існуючого обладнання (як варіант вироблення комбікорму для більшої кількості споживачів).

Таким чином, впровадження автоматизації процесів виробництва комбікормів в умовах господарств культур є економічно доцільним.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизированная линия приготовления комбикормов. Дозирующая и весовая техника. logo.gif E - mail: vedas@nbi.com.ua.
2. Автоматизированное управление на комбикормовых предприятиях / М. Л. Тимошин, А. И. Лугинин, И. Е. Маноха, В.П. Чоботов. - М.: Колос, 1984. - 239 с.
3. Бородин И.Ф. Проблемы развития автоматизации сельского хозяйства// Механизация и электрификация сельского х-ва.-1996.-№5.- С.2-4.
4. Вальков В.М., Вершин В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.-Л.: Политехника, 1991.-269с
5. Диордиев В.Т. АСУТП малогабаритных комбикормовых установок // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. - К.: 2000. - Ч.5. - С. 84-87.
6. Диордиев В.Т., Сабо А.Г. Оптимизация рецептов комбикормов - путь повышения эффективности использования фермерских комбикормовых установок // I V sympozjum: Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urzadzen rolniczych: - Plock: Politechnika Warszawska, 1994. - S. 125-127.
7. Диордиев В.Т. Синтез і аналіз узагальненої структури малогабаритної комбікормової установки // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип. 1, Т. 18. - Мелітополь: ТДАТА. - 2001. - С. 14-19.
8. Диордиев В.Т., Лобода О.І. Оцінка впливу зовнішніх факторів при знезаражуванні комбікорму електромагнітним полем надвисокої частоти // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". - Харків: ХТУСГ. - 2001. - Вип. 6 - С. 369-373.
9. Диордиев В.Т., Сабо А.Г., Чаусов С.В. Ефективність інвестицій на впровадження енергозберігаючих технологій у кормовиробництві та рослинництві. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип.1, Т. 20. - Мелітополь: ТДАТА - 2001. - С. 15-19.
10. Диордиев В.Т., Чаусов С.В. Визначення енергозберігаючих режимів роботи потокових комбікормових ліній. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип.1., Т.25. - Мелітополь: ТДАТА, 2001. - С. 47-51.
11. Игнатенко Ю. СВЧ - индикатор //Радиолюбитель. - 1992.-№11.- С. 31-32.
12. Информационные материалы к комплексной оценке техники и технологий для животноводства, птицеводства и кормообеспечения: Справочник /В.Ф. Сичкарь, А.С. Кушнарев, Т.Н. Коротченко,

- Л.М. Олейник / Под ред. В.Ф. Сичкаря. – Запорожье: ИМЖ, 1997. - 395 с.
13. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение). Справочник / В.А. Крохина, А.П. Калашников, В.И. Фисинин и др. / Под ред. В.А. Крохиной. - М.: Агропромиздат, 1990. - 304 с.
 14. Комбикормовый комплект-завод на модульной основе /Б.В. Егоров и др. //Механизация и электрификация сельского хозяйства - 1990. - №4 - С. 28 - 29.
 15. Лобода О.І. Особливості використання ефекту псевдо зрідження при знезараженні комбикормів ЕМП НІЧ у горизонтальній камері// Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип.1, Т. 7. - Мелітополь: ТДАТА, 1998. - С. 56-62.
 16. Мартыненко И.И., Лысенко В.Ф. Проектирование систем автоматики. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1990. - 243 с.
 17. Миончинский П.Н., Кожарова Л.С. Производство комбикормов - 2-е изд. перераб и доп. - М.: Агропромиздат, 1991. – 214 с.
 18. Оборудование комбикормовых заводов: Справочник / М.А. Борискин и др. - М.: Агропромиздат, 1986. - 175 с.
 19. Палкин Г.Г. Яцкевич А.В. Малогабаритные цехи и установки для приготовления комбикормов в условиях хозяйств //Тракторы и с.-х. машины 1992. - №2. - С. 29 - 31.
 20. Погорілий Л.А. Ясенецький В.Х. Малогабаритні комбикормові агрегати за рубежом. //Техніка АПК. - 1997. - №4. - С. 6 - 7.
 21. Приборы и средства автоматизации. Отраслевой каталог: В 3 т. Т. 2. - М.: Информприбор, 1991. - 89 с.
 22. Применение оборудования УМК-Ф-2 (АКМ-1) для производства комбикормов в хозяйствах. - М.: Агропромиздат, 1989. - 24 с.
 23. Птушкин А.Т. Новицкий О.А. Автоматизация производственных процессов в отрасли хранения и переработки зерна.– М.: Колос, 1979. - 335с.
 24. Сыроватка В.И., Карташов С.Г. Производство комбикормов в хозяйствах. - М.: Росагропромиздат, 1991. - 39с.
 25. Фурман І.О. Програмовані логічні контролери: Підручник для ВНЗ / М-во освіти і науки України. - К., 2003. - 214 с.
 26. Чаусов С.В. Обоснование энергосберегающих режимов работы силового электрооборудования малогабаритных комбикормовых агрегатов: Дис ... канд.Техн. наук: 05.09.16. - Мелитополь, 2003. - 226 с.
 27. Чернышев В.О. АСУТП в промышленном животноводстве. - М.: Россельхозиздат, 1987. - 190 с.

ЗМІСТ

ВСТУП _____	3
1. КОМБІКОРМОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ І ЇЇ ОРГАНІЗАЦІЯ _____	6
1.1. Технологічні основи приготування комбікормів _____	6
1.2. Існуюча структура комбікормових підприємств _____	14
1.3. Галузь використання та аналіз технологічних схем існуючих малогабаритних комбікормових установок _____	17
1.4. Стан автоматизації процесів комбікормової промисловості _____	32
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МКУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ _____	37
2.1. Порівнювальна оцінка варіантів автоматизації МКУ _____	37
2.2. Синтез і аналіз узагальненої структури малогабаритної комбікормової установки (УМКУ) _____	44
2.3. Методи знезаражування комбікормів _____	49
2.4. Розробка і аналіз функціональної схеми автоматизації УМКУ _____	56
2.5. Визначення складу та опис функціонування технічних засобів автоматизації комбікормової лінії _____	63
3. ОСНОВИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСУТП МКУ _____	97
3.1. Обґрунтування вибору засобів математичного забезпечення _____	97
3.2. Формалізація критеріїв і алгоритму функціонування системи _____	100
3.3. Визначення основних рішень по програмному забезпеченню _____	106
4. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ _____	120
4.1. Формалізація АТК, визначення та оцінка параметрів якості функціонування об'єкта _____	120
4.2. Шляхи раціонального використання електроенергії _____	124
4.3. Ефективність впровадження АСУТП МКУ _____	131
4.3.1. Розрахунок в енергетичних одиницях _____	131
4.3.2. Розрахунок техніко-економічної ефективності _____	132
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ _____	135

Діордієв Володимир Трифонович

**Автоматизація процесів виробництва
комбікормів в умовах реформованих
господарств АПК**

Навчальний посібник

Підписано до друку 25.12.2003 р. Здано до друку 04.01.2004 р.
Формат 84x108 1/32 папір офсетний. Гарнітура «Журнальна».
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 8,7. Тираж 1000 прим.

61002 ТОВ "Форма", м. Сімферополь, вул. Р. Люксембург, 27
тел. 26-27-82