

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 636.5252/58:62 503.51

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва ННІ)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри автоматики
та робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка
(назва кафедри)

_____ В.В. Каплун
(підпис) (ПІБ)

_____ О.О. Опришко
(підпис) (ПІБ)

«__» _____ 2024 р.

«__» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06.-КМР.1664"С".2024.09.26.004.ПЗ

на тему **«КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
ПРОЦЕСАМИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОМБІКОРМУ З
ВИКОРИСТАННЯМ КТЗ ОВЕН»**

Спеціальність:

174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма:

Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
(назва)

Гарант освітньої програми

_____ І.М. Болбот, д.т.н., професор
(підпис) (П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

Виконав

_____ Р.О. Данько
(підпис) (П.І.Б студента)

Керівник магістерської роботи

_____ М.О. Кіктєв, к.т.н, доцент
(підпис) (П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

КИЇВ-2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. І.І. Мартиненка

О.О. Опришко

« ____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
(бакалаврської, дипломної)

Даньку Роману Олександровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність:

174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма:

Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Тема магістерської роботи **«КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОМБІКОРМУ З ВИКОРИСТАННЯМ КТЗ ОВЕН»**,

затверджена наказом від 26.09.2024 року № 1664«С»

Термін подання студентом магістерської роботи 05.12.2024 року

Вихідні дані до магістерської роботи: Завдання кафедри на виконання кваліфікаційної магістерської роботи. Нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації. Матеріали дослідження і аналізу. Наукова література з тематики кваліфікаційної магістерської роботи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз технологічних характеристик виробничого об'єкта.
2. Моделювання та дослідження технологічного процесу.
3. Вибір регулятора та обґрунтування параметрів його налаштування.
4. Дослідження системи автоматизації.
5. Схеми системи автоматизації.
6. Оцінка економічної ефективності САК
7. Техніка безпеки та охорона праці.

Перелік графічного матеріалу: Графічна презентація

Дата видачі завдання «26» вересня 2024 року

Керівник магістерської роботи _____

(Підпис)

Кіктєв М.О.

(Прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(Підпис)

Данько Р.О.

(Прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	
АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	9
1.1. Технологічні основи приготування комбікормів.....	9
1.2. Структура комбікормових підприємств та обладнання для виробництва комбікорму.....	12
1.3. Принцип роботи прес-гранулятора ОГМ-1.5А. Функціональна схема автоматизації системи керування процесом гранулювання комбікорму.....	16
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА ЯК ОБ'ЄКТА	
АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	22
2.1. Розробка математичної моделі об'єкта автоматизації.....	22
2.2. Визначення передатної функції гранулятора для каналу керування.	27
РОЗДІЛ 3. ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБГРУНТУВАННЯ	
ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ.....	31
3.1. Вибір алгоритму керування та програмованого логічного контролера.....	31
3.2. Вибір вимірювального перетворювача.....	33
3.3. Вибір виконавчого механізму і регулюючого органу.....	35
3.4. Вибір алгоритму управління та розробки функціональної та структурної схеми САК.....	37
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	39
РОЗДІЛ 5. СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	45
5.1. Вибір апаратури захисту та керування.	45
5.2. Вибір проводів та кабелів.....	50
5.3. Розробка схеми електричної принципової САК виробництвом комбікормів.....	51
5.4. Розробка алгоритму керування та програмного забезпечення САК виробництвом комбікормів.....	58

	4
5.5. Вибір щита керування.....	63
5.6. Розробка схеми з'єднань та підключень.....	63
5.7. Розрахунок надійності системи автоматичного керування.	64
РОЗДІЛ 6. КОШТОРИСНІ РОЗРАХУНКИ	66
РОЗДІЛ 7. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	68
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ.....	80
ДОДАТОК А.....	80

ВСТУП

Актуальність теми. 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 міст 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.

Одним з найбільш ефективних способів теплової обробки фуражного зерна перед згодовуванням тваринам є його гранулювання і екструдкування. В основі цього процесу лежить:

- теплова обробка зернових компонентів при високій (до 110-160°C) температурі і тиску до 4-5 МПа;

- механічне деформування оброблюваного продукту шнеком екструдера і "вибух" розігрітого продукту (екструдата) на виході з фільтри.

В результаті такої обробки в зерновому матеріалі відбуваються суттєві структурно-механічні та хімічні зміни і на виході виходить пористий спучений стренг в формі джгута діаметром 20-30мм з об'ємною масою 290-320 кг/м³.

Як буде показано у подальшому дослідженні, у процесі гранулювання і екструдювання відбуваються глибокі зміни в структурі поживних речовин екструдата, що підвищує його енергетичну цінність, смакові якості, властивості тривалого зберігання, формування високоякісних рецептів кормів, засвоюваність травневою системою тварин і т.д.

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 процесу. Тому дослідження, спрямовані на енергетичне вдосконалення технології гранулювання комбікормів, підвищення ефективності використання електроенергії, обґрунтування раціональних параметрів та режимів роботи електрообладнання, є актуальними і своєчасними.

Об'єктом дослідження є процес виробництва комбікорму на прес-грануляторі.

Предметом досліджень є взаємозв'язки і закономірності режимів функціонування прес-гранулятора та їх вплив на ефективність виробництва гранульованих комбікормів.

Мета і задачі досліджень. Мета роботи полягає у підвищенні продуктивності роботи прес-гранулятора та якості вихідної продукції шляхом вдосконалення технологічного процесу, зокрема покращення температурного режиму виробництва гранул.

Для досягнення цієї мети сформульовані такі **задачі**:

– дослідження особливостей сучасних систем автоматизації процесів керування температурним режимом виробництва комбікормів на прес-грануляторах;

- розробка функціональної схеми системи керування прес-гранулятором і алгоритму її роботи;
- розробка і дослідження імітаційної моделі об'єкта автоматизації із використанням програмного пакету MatLAB;
- обґрунтування вибору алгоритму керування, комплексу технічних засобів автоматизації, визначення показників якості роботи системи керування;
- розробка схем системи автоматизації та системи дистанційного керування та контролю виробництва гранульованого комбікорму на основі Scada Trace Mode.

РОЗДІЛ 1.

ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Технологічні основи приготування комбікормів

Комбікорми являють собою суміші очищених і подрібнених зернових продуктів, складених за відповідними рецептами, що забезпечують найбільш ефективне 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.

Комбікормову промисловість відрізняє застосування сировини різноманітної за походженням: рослинного, тваринного, мікробіологічного. Структура компонентів, що використовуються при виробництві комбікормів, подана на рис. 1.1.

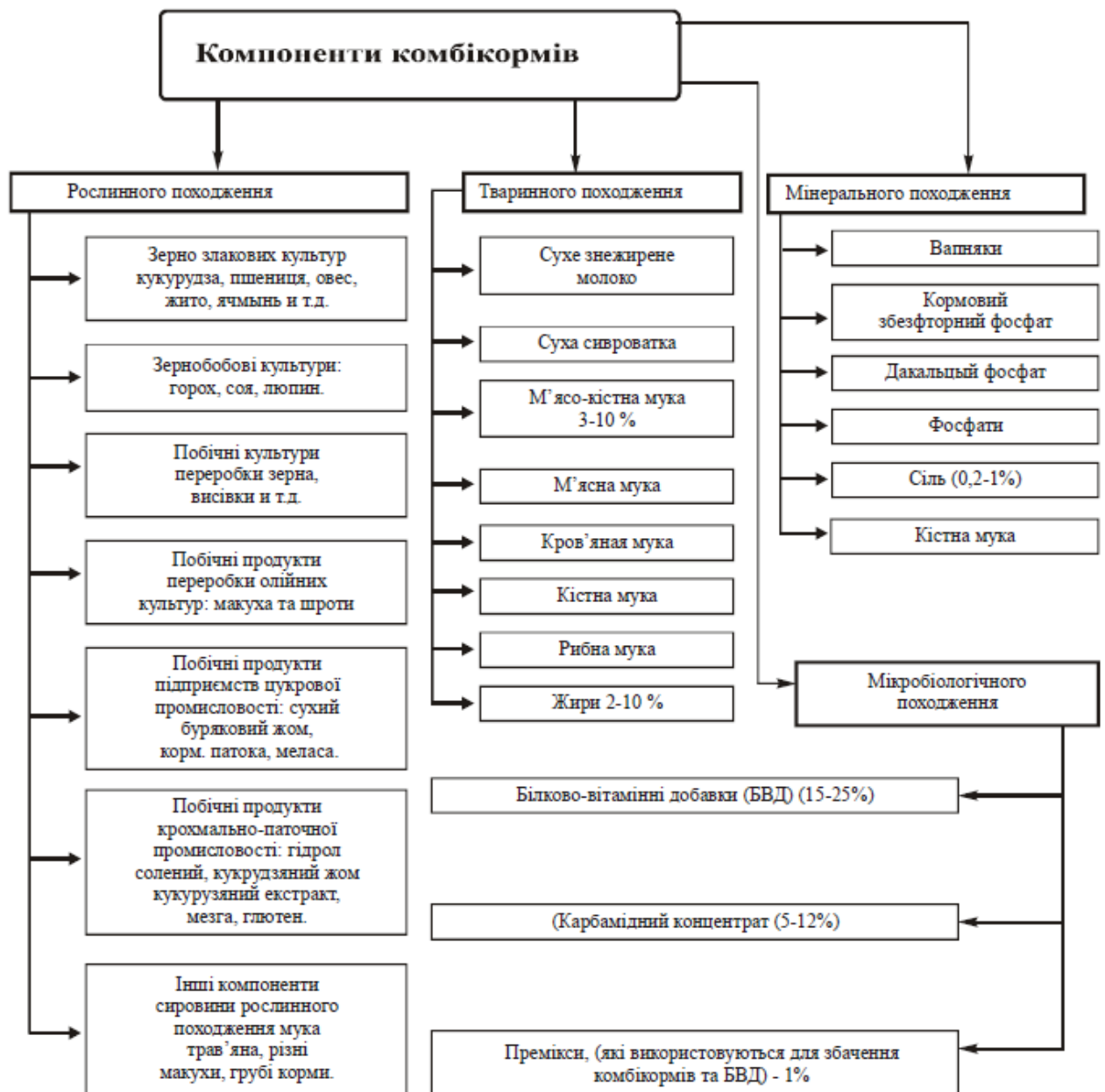


Рисунок 1.1 – Структура компонентів комбікормів

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.

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.

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, замінник 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.

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.).

1.2. Структура комбікормових підприємств та обладнання для виробництва комбікорму

Підприємства комбікормової промисловості можна класифікувати (рис. 1.2) за такими критеріями [17, 26]: зона обслуговування, тип і рівень організації виробництва, технологія, асортимент і вид продукції, що випускається, а також місце розміщення підприємства.

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 малих комбікормових установок для виробництва комбікормів в умовах господарств.

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.

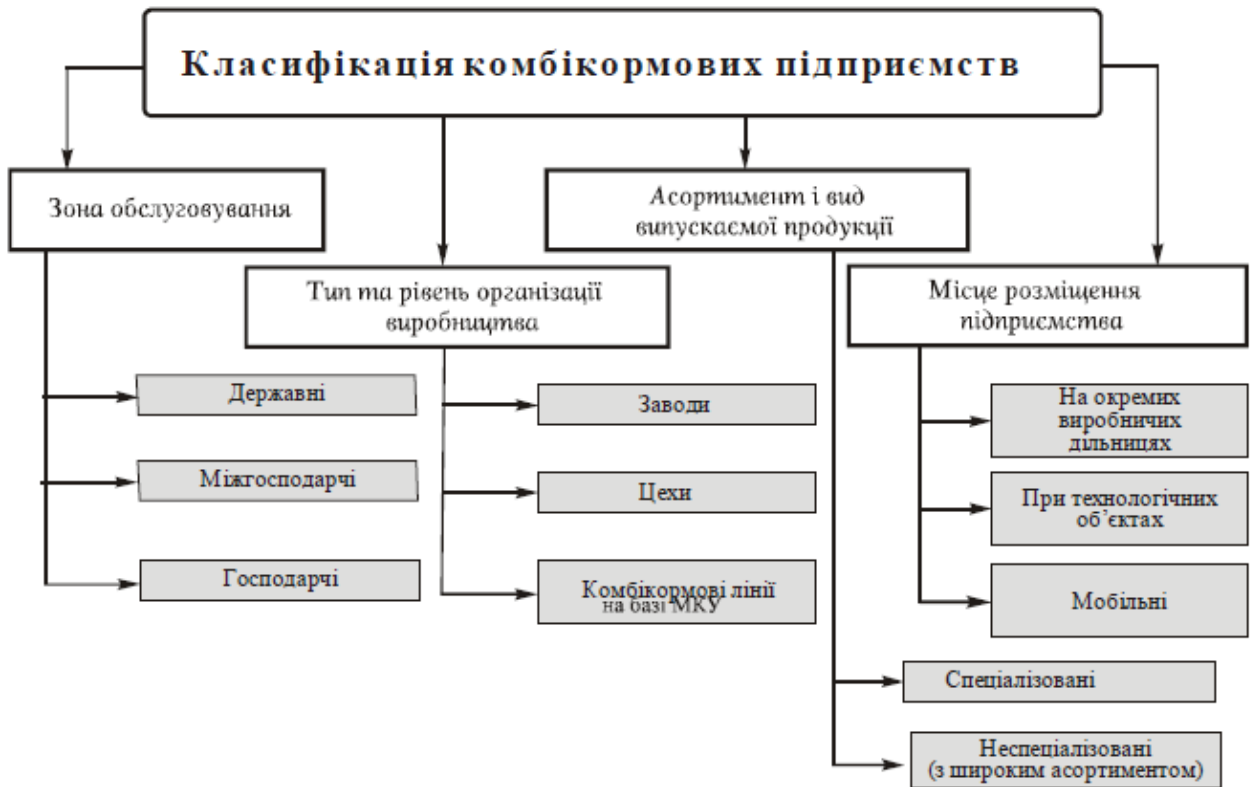


Рисунок 1.2 – Класифікація комбікормових підприємств

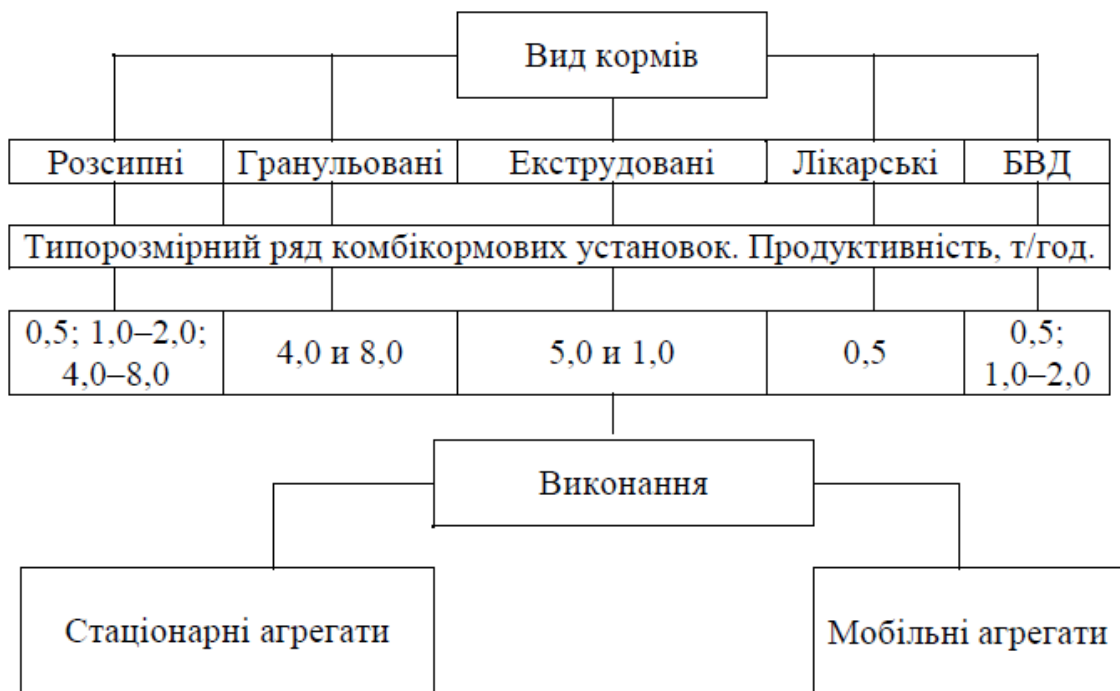


Рисунок 1.3 – Класифікація машин для виробництва комбікормів в умовах господарства

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. 1.3.

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. Для виробництва біо-вітамінних домішок (БВД) передбачені установки продуктивністю 0,5; 1,0 и 2,0 т/год. Їх можна використовувати як самостійно, так і у складі комбікормових цехів.

Серед наведених машин і агрегатів для виробництва комбікормів значного поширення набули агрегати для виробництва гранул – *прес-гранулятори*.

Гранулювання (англ. *granulation*) – сукупність фізико-хімічних і фізико-механічних процесів, що забезпечують формування частинок (гранул) певних розмірів, форми, структури і фізичних властивостей [26]. Процес грануляції і його різновиди відомі давно, описані, зокрема у праці *De Re Metallica* Георгія Агріколи (1556 р.).

Процес гранулювання складається з таких технологічних стадій:

- підготовку початкової сировини, дозування і змішування компонентів;
- гранулоутворювання (агломерація, кристалізація, ущільнення і ін.);
- формування структури (сушка, полімеризація і ін.);
- сортування (розділення частинок за розміром) і подрібнення крупних фракцій.

Гранульований корм (рис. 1.4) – це суміш зернових і олійних культур, збагачених вітамінами, амінокислотами, мікро- та макроелементами, які проходять процеси подрібнення, змішування та спресовуються в гранули.



Рисунок 1.4 – Гранульований комбікорм

Гранульовані корми для с.г. тварин мають ряд переваг:

1. Гранулювання забезпечує консервацію корму та зменшує обсяг.
2. Зменшення поверхні контакту з мікробіологічними організмами.
3. Точність регулювання пропорції компонентів. Всі гранули виглядають однакові, тобто тварина не має можливості вибрати окремі компоненти корму і харчується збалансовано.
4. Під час гранулювання, за рахунок тертя корму об стінки матриці і роликів, корми проходять термічну обробку, що вбиває більшість шкідливих бактерій в тому числі і сальмонелу. При цьому не руйнуючи білків і вітамінів.
5. Під час транспортування сипучих кормів висока ймовірність розсортуванні корми по компонентах за рахунок різної щільності компонентів і розміру їх частин. З гранульованими кормами цієї проблеми немає.
6. Гранульований корм краще засвоюється, тобто тварина швидше набирає вагу. При годуванні збалансованими кормами продуктивність тварин виростає на 12-15%, а при збагаченні їх мікроелементами та іншими речовинами на 25-30% по відношенню з годуванням окремими видами зерна.
7. При гранулювання відбувається гідротермічна обробка, в результаті якої крохмаль частково перетворюється в цукор, що підвищує кормову цінність гранульованих кормів.

1.3. Принцип роботи прес-гранулятора ОГМ-1.5А. Функціональна схема автоматизації системи керування процесом гранулювання комбікорму

Лінія на основі прес-гранулятора ОГМ-1.5А (рис. 1.5, 1.6) призначена для виробництва гранул із комбікормів, соломи, лузги соняшника, деревних відходів, торфу та інших сипких продуктів за умови дотримання технології гранулювання на місці виробництва загальною продуктивністю до 5.0 т/год. в умовах помірного клімату і третьої категорії розміщення.

Продуктивність агрегату залежить від гранульованого матеріалу та обраної матриці. Так, наприклад, при вологості до 14 %, для гранулювання соломи продуктивність складає до 1.3 т/год., для гранулювання торфу – до 1.5 т/год.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд прес-гранулятора ОГМ-1.5А

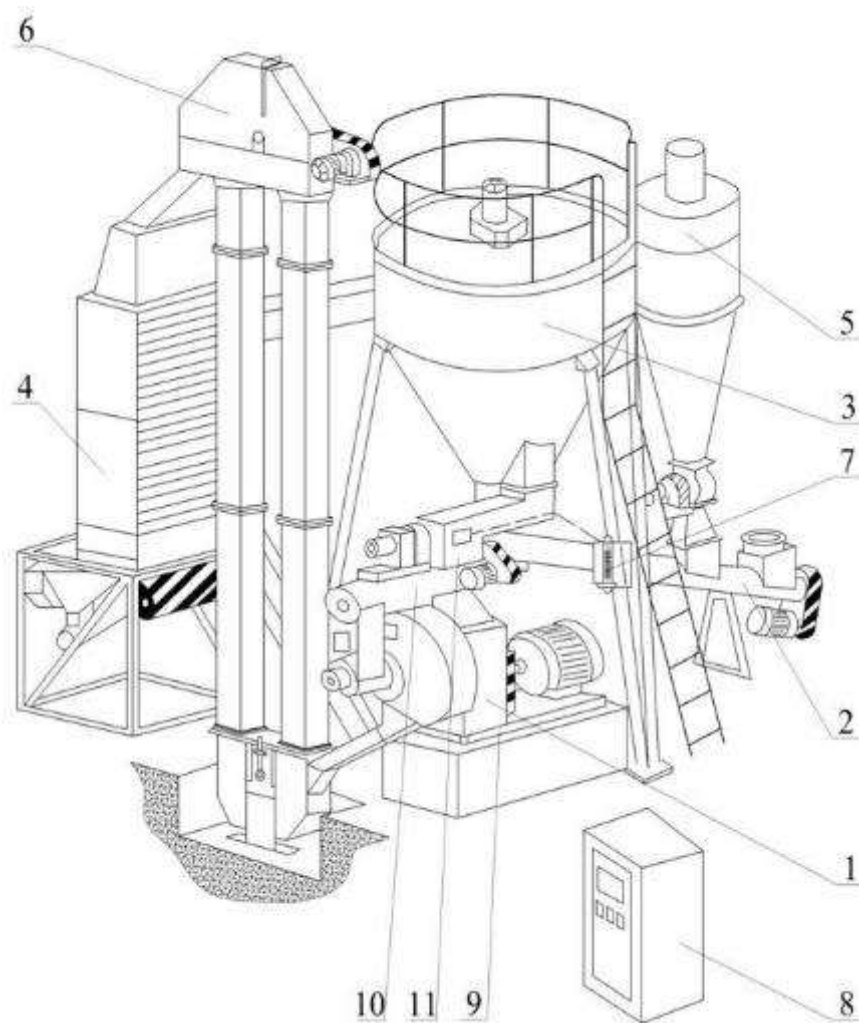


Рисунок 1.6 – Лінія виробництва гранульованого комбікорму на основі агрегату ОГМ-1.5А: 1 – прес-редуктор; 2 – шнековий транспортер; 3 – бункер; 4 – охолоджувач-сортувальник; 5 – циклон з вентилятором; 6 – норія; 7 – система подачі води; 8 – шафа керування; 9 – рама-редуктор; 10 – змішувач; 11 – дозатор

Виробництво гранульованих комбікормів на лінії (рис. 1.7) на базі прес-гранулятора ОГМ-1.5А відбувається наступним чином. Сировина, що підготована до гранулювання відповідно до технологічного рецепту, подається у шнековий транспортер 1, за допомогою якого завантажується в бункер 4, звідки за допомогою дозатора 5 сировина рівномірно подається у змішувач 6. Тут, за допомогою води або пари, вона зволожується до рівня вологості, необхідного для процесу гранулювання, та інтенсивно перемішується. Зволоження сировини допомагає утворювати міцні гранули.

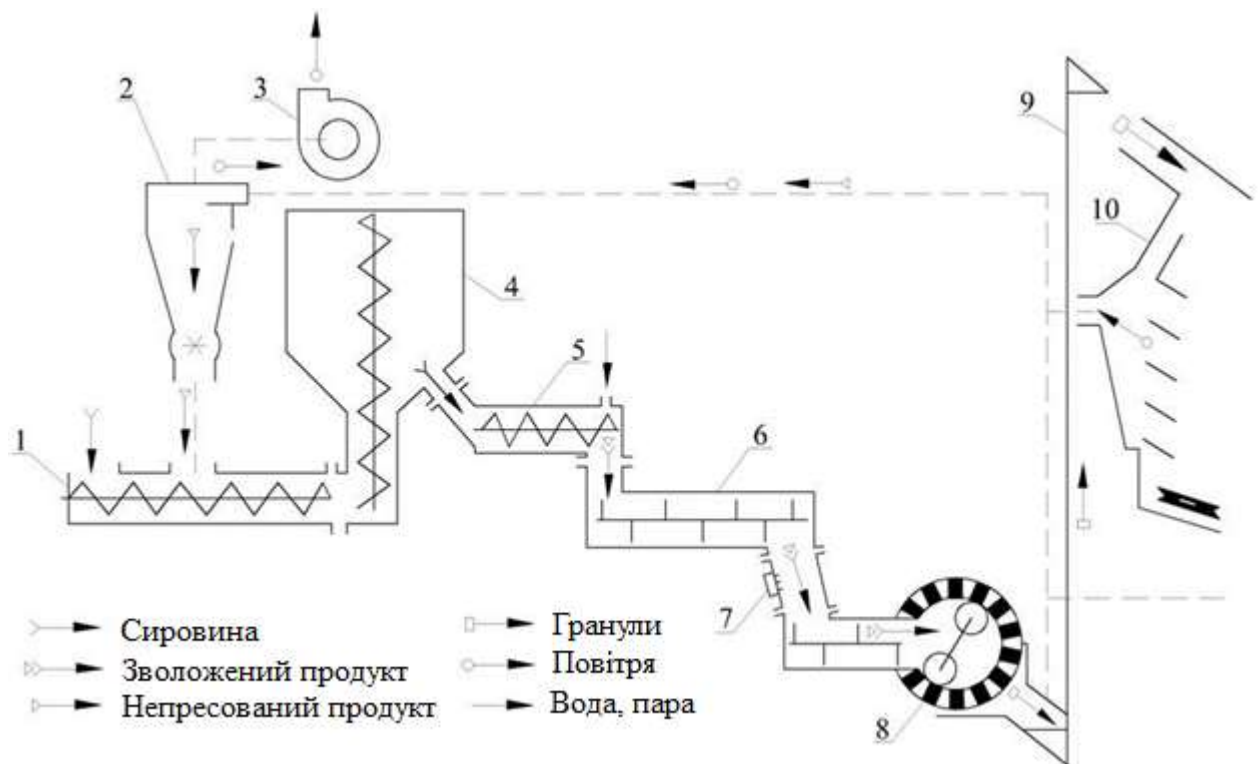


Рисунок 1.7 – Технологічна схема виробництва гранульованих комбікормів на лінії з агрегатом ОГМ-1.5А: 1 – транспортер шнековий; 2 – циклон; 3 – вентилятор; 4 – бункер; 5 – дозатор; 6 – змішувач; 7 – відокремлювач феромагнітних домішок; 8 – прес; 9 – норія; 10 – охолоджувач-сортувальник

Далі, зволожена сировина пропускається через відокремлювач феромагнітних домішок 7 і спрямовуються у прес. У камері пресування сировина затягується у простір між матрицею 1, яка обертається (рис. 1.8), і ролерами 2, проштовхується у радіальні отвори матриць, де під впливом сильного тиску здійснюється формування гранул відповідного розміру.

Гранули, які вичавлюються із отворів, наштовхуються на нерухомий ніж 5 і відрізаються. Обертанням ножа на вісі можна регулювати довжину обрізаня гранул. Відрізані сформовані гранули потрапляють вниз і через кожух виводяться з преса в охолоджувач-сортувальник.

Лопаті, що призначені для подачі сировини під ролери, виконані у формі трикутника (поз. 3, рис. 1.8 – для подачі під ролер половини шару сировини) та прямокутника (поз. 4 – для подачі решти сировини під другий

ролер). Цю послідовність встановлення необхідно зберігати при проведенні технічного обслуговування агрегату.

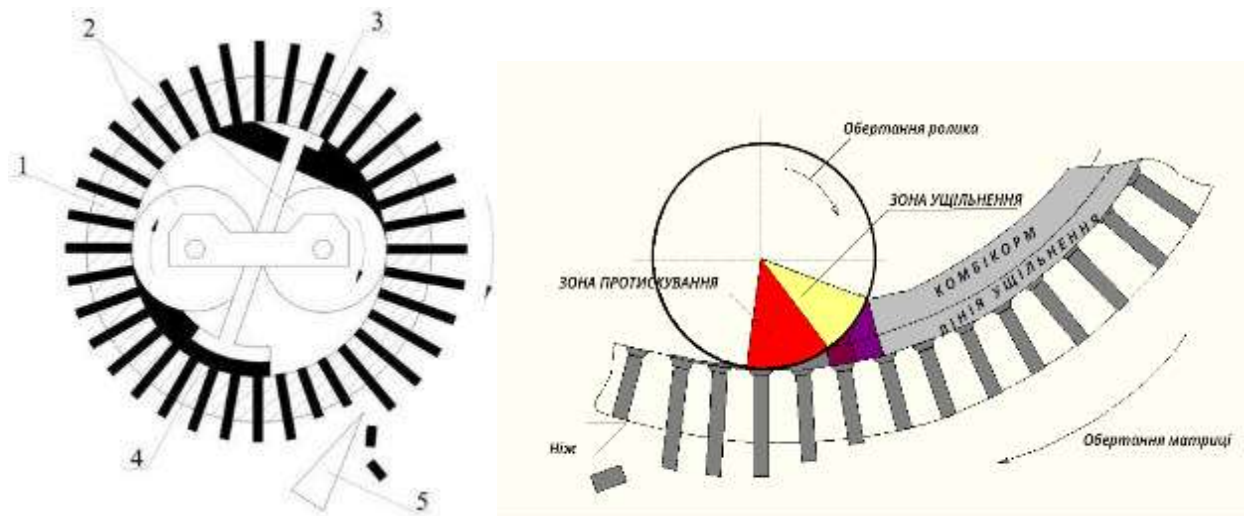


Рисунок 1.8 – Матриця для формування гранул агрегату ОГМ-1.5А: 1 – матриця; 2 – ролери; 3 – трикутна лопать; 4 – прямокутна лопать; 5 – ніж-відокремлювач

Гранули на виході з пресу є крихкими і гарячими, тому вони за допомогою норії 9 транспортуються в охолоджувач-сортувальник 10 (рис. 1.7). Тут, за допомогою вентилятора 3, через шар гранул всмоктується повітря, яке охолоджує гранули і видаляє ту частину сировини, яка не сформувалася у гранули, у циклон 2. В процесі охолодження за рахунок випаровування вологи у гранулах відбуваються фізико-хімічні зміни, внаслідок чого формується їх міцність, температура і вологість.

В охолоджувачі-сортувальнику також здійснюється сортування – відокремлення кондиційних гранул від крихти. Гранули вивантажуються через горловину, а циклон 2 всмоктує крихту і спрямовує до вихідної сировини на повторний процес пресування.

Технічні характеристики прес-гранулятора наведені в додатку А.

Функціональна схема автоматизації системи керування прес-гранулятора, яка відповідає наведеному вище опису роботи агрегату, наведена на рис. 1.10. Виходячи з технологічних вимог до процесу гранулювання

комбікормів в агрегаті ОГМ-1.5А необхідно забезпечити контроль та керування наступними основними параметрами:

- рівень завантаження бункера 4 (рис. 1.10) сумішшю для приготування гранульованого комбікорму (датчик рівня **LE**);
- ступінь навантаження електродвигуна приводу матриць прес-гранулятора (датчик струму **EE**);
- температуру суміші, яка нагрівається парою і спрямовується на гранулювання (датчик температури **TE**).

Гранулятор як об'єкт управління характеризується такими величинами, як якість гранул і продуктивність агрегату. Але здійснювати керування процесом за названими прямими вихідними величинами дуже важко, тому вибирають непрямі параметри процесу забезпечення якості і продуктивності. До таких параметрів відноситься навантаження валу електродвигуна приводу пресу матриць (головний привод) та температура нагріву сировини, що подається на гранулювання в матрицю преса. Завантаження електродвигуна визначає його струм споживання $I_{\text{дв}}$ (рис. 1.9), а кількість пари, яка подається в гранульовану сировину, визначається температурою підготовленої суміші на виході змішувача θ . Керуючими діями є зміна живильником-дозатором витрати сировини Q , що спрямовується в змішувач, а також зміна витрати пари G . До збурюючих дій на об'єкт відносять фізико-механічні властивості суміші гранулювання V_1 , зміна параметрів гріючої пари Q_n , а також температурні показники складових частин гранульованої сировини θ_c .

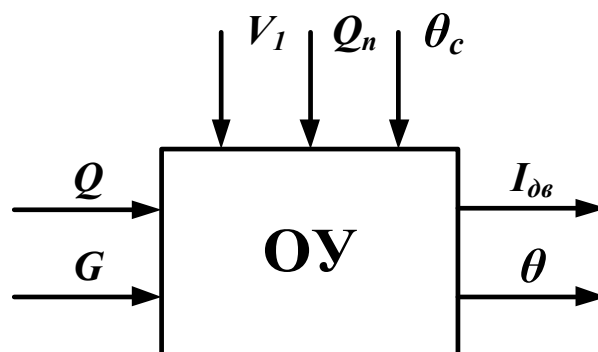


Рисунок 1.9 – Гранулятор як об'єкт управління

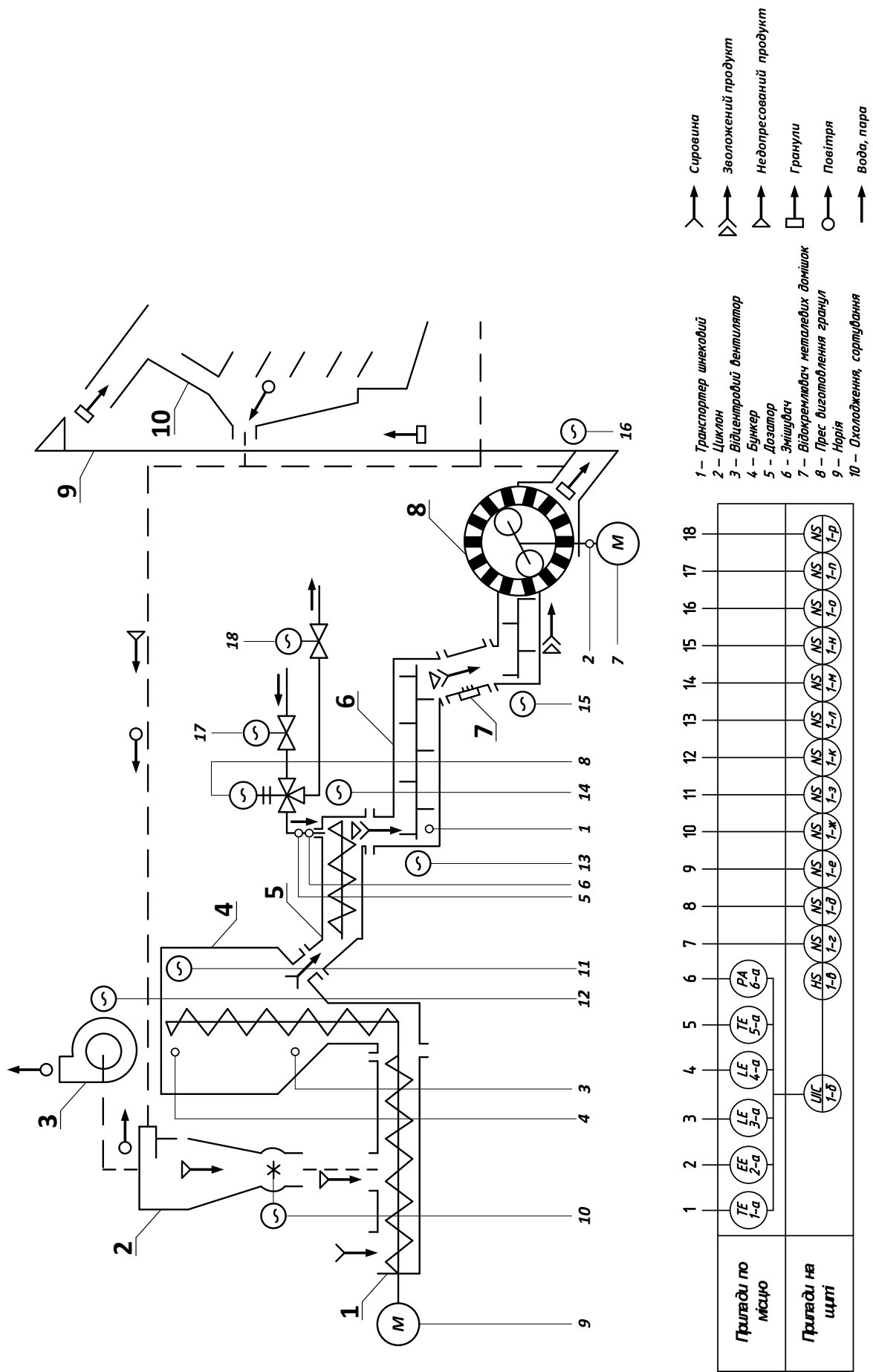


Рисунок 1.10 – Функціональна схема автоматизації системи керування прес-гранулятором ОГМ-1.5А

РОЗДІЛ 2.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Розробка математичної моделі об'єкта автоматизації

При розробці математичної моделі нагріву сировини, що подається у прес для наступного гранулювання, для певного спрощення вважатимемо, що він є об'єктом із зосередженими параметрами.

Складемо статичну модель технологічного об'єкту по каналу температури. Об'єкт розглянемо у вигляді двох ланок, які акумулюють енергію, – це ланка маси, що гріє, і ланка повітря навколо гранулятора.

Враховуючи рівняння статички, отримаємо систему диференційних рівнянь зміни кількості тепла в часі у масі комбікорму і повітрі гранулятора. З урахуванням параметрів, які ми вважаємо незмінними, а саме: об'єми середовищ, густину, і теплоємність повітря і води, похідні будуть знаходитись по середній температурі комбікорму і температурі повітря гранулятора:

$$C_v V_v \rho_v \frac{dt_v}{d\tau} = C_v G_n \rho_v t_g - C_v G_n \rho_v t_y - k_1 F_t (t_v - t_p), \quad (2.1)$$

$$C_p V_p \rho_p \frac{dt_p}{d\tau} = k_1 F_t (t_v - t_p) - k_2 F_c (t_p - t_z). \quad (2.2)$$

Із урахуванням того, що

$$t_v = \frac{t_g + t_y}{2}, \quad (2.3)$$

із наведених вище рівнянь отримаємо значення температури охолодження комбікорму в грануляторі. Після перетворень приведемо рівняння до вигляду Коші:

$$\frac{dt_v}{d\tau} = \frac{2G_n}{V_v} (t_g - t_v) - \frac{k_1 F_t (t_v - t_p)}{C_v V_v \rho_v}, \quad (2.4)$$

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{k_1 F_t (t_v - t_p) - k_2 F_c (t_p - t_z)}{C_p V_p \rho_p}, \quad (2.5)$$

Коефіцієнт теплопередачі через стінку труб системи нагріву визначаються за виразом

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{vt}} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{1}{\alpha_{tp}}}. \quad (2.6)$$

Коефіцієнт теплопередачі через поверхню прес-гранулятора визначається за виразом

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pc}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{cz}}}. \quad (2.7)$$

У виразах (2.6) та (2.7) прийняті наступні позначення:

α_{tv} – коефіцієнт тепловіддачі від води до пари;

α_{tp} – коефіцієнт тепловіддачі від пари до повітря гранулятора;

α_{pc} – коефіцієнт тепловіддачі від повітря гранулятора до стінки гранулятора;

α_{rc} – коефіцієнт тепловіддачі від стінки гранулятора до зовнішнього повітря;

λ_t – коефіцієнт теплопровідності сталі труби;

λ_c – коефіцієнт теплопровідності сталі стінки;

δ_t – товщина стінки труби;

δ_c – товщина стінки гранулятора.

Визначимо вихідні дані для подальших розрахунків.

Габаритні розміри гранулятора: ширина дорівнює 1,5м, висота 2м.

Сировина, яка підлягає гранулюванню, нагрівається парою із температурою $t_g = 120^\circ\text{C}$.

Нагрівальні сталеві труби із товщиною стінки $\delta_t = 2\text{мм}$ та зовнішнім діаметром $d = 48\text{мм}$ створюють систему нагріву об'ємом $V_v = 0,3\text{м}^3$.

Теплопровідність сталі $\lambda_t = 50 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Продуктивність циркуляційного насосу дорівнює $G_n = 0,025 \text{ м}^3/\text{год}$.

Товщина стінок гранулятора $\delta_c = 4 \text{ мм}$ із теплопровідністю $\lambda_c = 0,74 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Значення коефіцієнтів тепловіддачі відповідно дорівнюють:

$$\alpha_{vt} = 1000 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}; \quad \alpha_{vt} = 15 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)};$$

$$\alpha_{vt} = 7,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}; \quad \alpha_{vt} = 10 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}.$$

Густина повітря $\rho_p = 1,293 \text{ кг/м}^3$.

Теплоємність повітря $C_p = 1005 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$.

Густина пари $\rho_v = 1,005 \text{ кг/м}^3$.

Теплоємність пари $C_v = 4174 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$.

Розрахункова температура зовнішнього повітря приміщення, де змонтований агрегат, приймається для зимового періоду $t_z = 5^\circ\text{C}$.

Наведені рівняння можуть бути використані для створення математичної моделі у пакеті імітаційного моделювання MatLab Simulink.

При створенні імітаційної моделі повинен бути врахований час запізнення об'єкта керування для каналу регулювання температури. Час запізнення об'єкта визначається швидкістю циркуляції комбікорму, довжиною шнека, місцем встановлення температурного датчика.

Визначимо температури пари t_g , необхідну для підтримання температури в грануляторі на рівні $t_p = 85^\circ\text{C}$, і температуру пари на виході агрегату. Графіки перехідних процесів по температурі пари на виході та по температурі повітря в грануляторі, як було зазначено, необхідно отримати із урахуванням часу запізнення об'єкта керування.

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{0,002}{50} + \frac{1}{15}} = 11,84 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}.$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{7,5} + \frac{0,04}{0,74} + \frac{1}{10}} = 4,19 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}.$$

Довжина труб системи нагріву при об'ємі системи нагріву $0,5 м^3$ та внутрішньому діаметрі труби 44мм дорівнює

$$L = \frac{0,5}{\frac{\pi \cdot 0,024^2}{4}} = 8,95 м, \quad (2.8)$$

із поверхнею теплообміну

$$F_t = 8,95 \cdot \pi \cdot 0,048 = 13,63 м^2. \quad (2.9)$$

Якщо умовно прийняти форму гранулятора прямокутною, то площа стінок поверхні дорівнює

$$F_c = 12 + 14 \cdot 2 \cdot 3 - 8 \cdot 2 \cdot 3 = 12 м^2. \quad (2.10)$$

Об'єм прес-гранулятора складає $V_p = 16 м^3$.

Час запізнення, що повинен бути врахований для подальших розрахунків, визначається як

$$\tau_{oy} = \frac{V_v}{4G_n}. \quad (2.11)$$

$$\tau_{oy} = \frac{1}{4 \cdot \frac{27}{360}} = 27 с.$$

Для зручності формування блочної імітаційної моделі в середовищі MatLab Simulink введемо такі додаткові коефіцієнти

$$\begin{aligned} b_1 &= C_v \rho_v V_v = 4,194 \cdot 1000 \cdot 1 = 4194, \\ b_2 &= C_p \rho_p V_p = 100,5 \cdot 1,293 \cdot 3,36 = 436. \end{aligned} \quad (2.12)$$

Складаємо імітаційну модель в пакеті MatLab Simulink.

Використовуючи стандартні блоки бібліотеки Simulink, вводимо значення коефіцієнтів a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , продуктивність насосу, об'єм повітря в грануляторі і температуру пари G_n , показники V_v , t_g . Оскільки t_z – температура

зовнішнього повітря є збурюючим фактором моделі і далі може бути використана при моделюванні управління об'єктом, введемо його за допомогою блоку **Step**. Розрахований час запізнення τ_{oy} вводимо на каналі подачі пари за допомогою блоку **Transport Delay**. У блоках **Integrator** зазначаємо, що початкове значення температури в гранульованій суміші і пари в системі задається за допомогою зовнішньої команди **External**. До блоків моделі приєднуємо блоки **Constant** із початковими значеннями температур. Для візуалізації (виводу результатів) використовуємо блоки віртуального осцилографа **Scope**. Після складання блочної структури моделі задаємо тривалість моделювання у вікні **Stoptime**.

Складена блочна імітаційна модель температурного режиму в прес-грануляторі зображена на рис. 2.1.

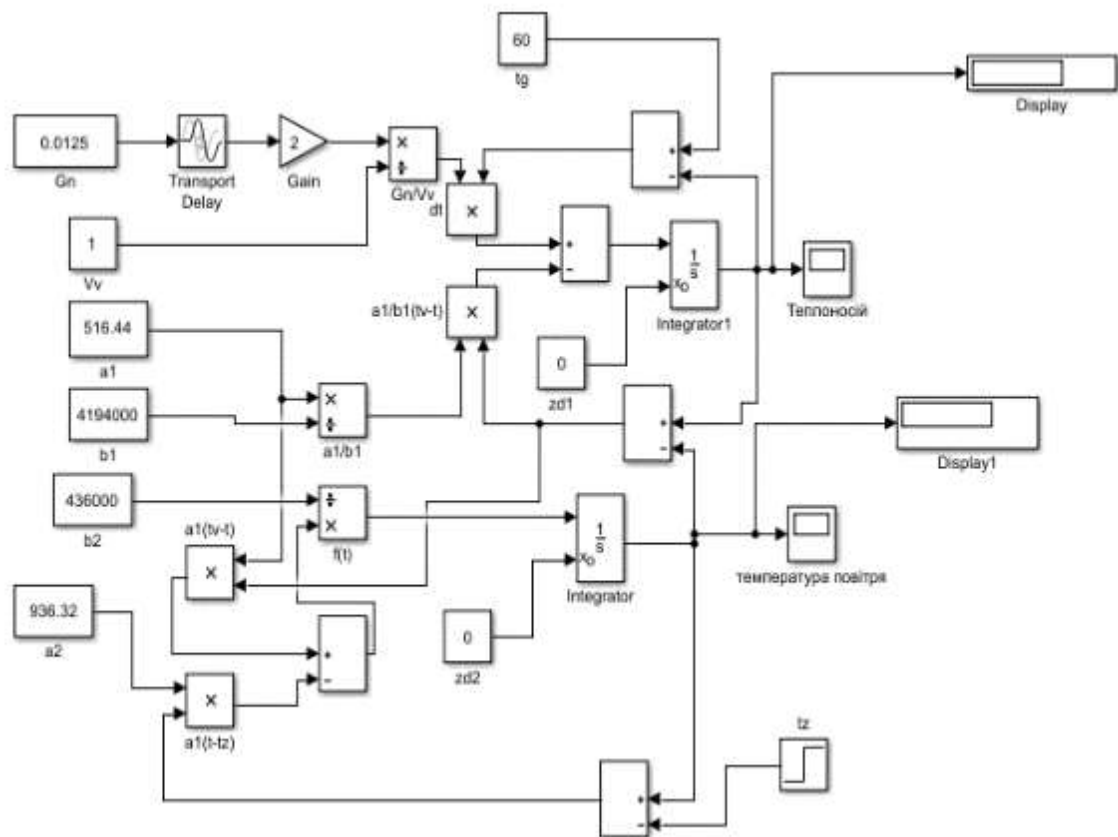


Рисунок 2.1 – Блочна імітаційна модель температурного режиму в прес-грануляторі у пакеті MatLab Simulink

Дослідження побудованої імітаційної моделі показали, що для досягнення температури гранульованої суміші на рівні $84.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура перегрітої пари повинна дорівнювати $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зменшення продуктивності дозатора сировини до $13.5\text{ м}^3/\text{год}$. призводить до збільшення постійної часу перехідного процесу.

Розгінна характеристика прес-гранулятора, отримана за допомогою імітаційної моделі у пакеті MatLab Simulink, зображена на рис. 2.2.

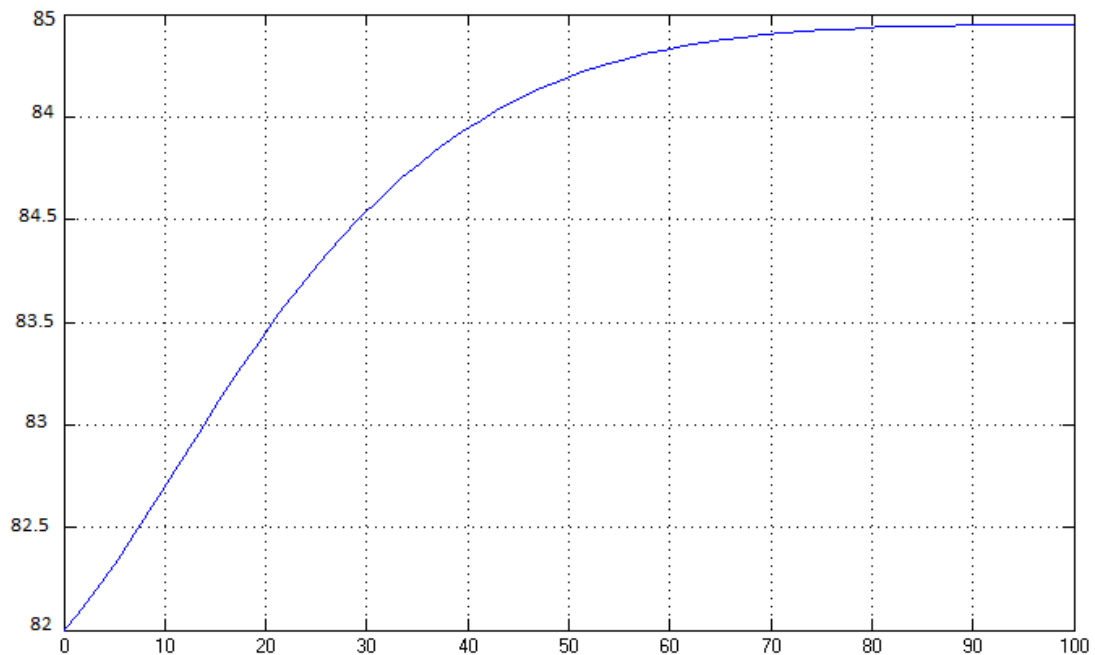


Рисунок 2.2 – Розгінна характеристика прес-гранулятора для каналу керування

2.2. Визначення передатної функції гранулятора для каналу керування

Для визначення динамічних характеристик прес-гранулятора як об'єкта управління була використана його розгінна характеристика (рис. 2.2), яка являє собою залежність температури гранульованої сировини, при ступінчастій зміні керуючої дії, а саме витрати пари, що вноситься у суміш комбікорму, яка спрямовується у прес.

В загальному вигляді, перехідна (розгінна) характеристика – це зміна вихідної величини системи у часі, коли на її вхід подається одиничний ступінчастий сигнал

$$l(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t \geq 0 \\ 0 & \text{при } t < 0 \end{cases} \quad (2.13)$$

При цьому приймається, що у момент часу $t = 0$ система знаходиться у нульових початкових умовах.

Для подальших розрахунків розгінна характеристика прес-гранулятора (рис. 2.2) повинна бути пронормована за виразом

$$h(t) = \frac{\theta(t) - \theta_0}{\theta_\infty - \theta_0} \quad (2.14)$$

де $\theta(t)$ – значення температури на поточний момент часу;

θ_0 – значення температури у при початкових умовах ($t = 0$);

θ_∞ – температури, що відповідає виходу на усталене значення.

Результати розрахунку даних для побудови нормованої розгінної характеристики наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункові дані для побудови нормованої розгінної характеристики

<i>t, c</i>	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<i>θ, °C</i>	82	82,31	82,72	83,11	83,44	83,76	84,07	84,26	84,47	84,62	84,71
<i>h(t)</i>	0	0,101	0,234	0,368	0,484	0,584	0,685	0,751	0,818	0,869	0,908
<i>t, c</i>	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	-
<i>θ, °C</i>	84,76	84,81	84,86	84,88	84,91	84,92	84,93	84,94	84,94	84,94	-
<i>h(t)</i>	0,931	0,953	0,969	0,977	0,987	0,994	0,998	1,000	1,000	1,000	-

Визначення передатної функції прес-гранулятора як об'єкта управління проведемо за методом М.П. Симою [18]. Передатна функція матиме у цьому випадку наступний вигляд

$$W(s) = \frac{k_{oy}}{a_0 \cdot s + 1} \quad (2.15)$$

Після визначення коефіцієнта передачі $k_{ок}$ проводиться апроксимація нормованої розгінної характеристики за наступною послідовністю.

1. Для початкової ділянки розгінної характеристики розраховують її похідну для значення $t = 0$, при цьому коефіцієнт b передатної функції (2.15) дорівнює 0, якщо значення похідної має нульове значення.

2. Вісь абсцис (вісь часу) розгінної характеристики розбивають на n малих однакових часових проміжків Δt , на яких ділянки $\Delta h(t)$ наближаються до прямої лінії.

3. Розраховують і фіксують в таблицю наступні значення характеристики: початкове значення $h(0)$; кінцеве значення h_i для кожного i -го проміжку Δt , а також значення $1 - h_i$.

4. Визначають значення площини F_1 за виразом

$$F_1 = \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - h(i)] - 0.5[1 - h(0)] \right\}. \quad (2.16)$$

5. Далі розраховують і фіксують в таблиці такі значення, як

$$\lambda(i) = \frac{i \cdot \Delta t}{F_1}; \quad 1 - \lambda(i); \quad [1 - h(i)][1 - \lambda(i)]. \quad (2.17)$$

6. Розраховують значення площини F_2 за виразом

$$F_2 = F_1 \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - h(i)][1 - \lambda(i)] - 0.5[1 - h(0)] \right\}. \quad (2.18)$$

7. Далі, в залежності від значення коефіцієнта b , виконуються такі дії:

$$b = 0 \quad \begin{array}{l} \text{коефіцієнти передатної функції (2.15) визначають як} \\ a_1 = F_1; \quad a_0 = F_2 \end{array} \quad (2.19)$$

$$b \neq 0 \quad \begin{array}{l} \text{розраховують і заносять у таблицю значення величин} \\ 1 - 2\lambda(i) + \frac{\lambda^2(i)}{2} \text{ та } [1 - h(i)][1 - 2\lambda(i) + \frac{\lambda^2(i)}{2}] \end{array} \quad (2.20)$$

8. Розраховують значення площини F_3 за виразом

$$F_3 = F_1^2 \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - 2\lambda(i) + \frac{\lambda^2(i)}{2}] - 0.5[1 - h(0)] \right\}. \quad (2.21)$$

9. Після виконання вищеназваних розрахунків визначають значення коефіцієнтів

$$b = \frac{-F_3}{F_1}; \quad a_1 = F_1 + b; \quad a_0 = F_2 + bF_1. \quad (2.22)$$

10. Визначивши коефіцієнти передатної функції гранулятора як об'єкта управління будують за передатною функцією графік розгінної характеристики $h_a(t)$. Крім того, визначають похибку апроксимації за виразом (2.23), і у

випадку недостатньої точності апроксимації зменшують значення Δt , і повторюють наведену послідовність розрахунків.

$$\delta = \max \frac{|h(t_i) - h_a(t_i)|}{h(\infty)}. \quad (2.23)$$

Використовуючи дані таблиці 2.1, а також програмне забезпечення SIMOJU.BAS, розроблене співробітниками кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, визначаємо передатну функцію прес-гранулятора як об'єкта управління

$$W_{ok}(s) = \frac{2,94}{40 \cdot s + 1}. \quad (2.24)$$

Після цього за допомогою пакету MatLab Simulink будуємо обидві розгінні характеристики (рис. 2.3) і оцінюємо похибку апроксимації. Бачимо, що криві майже повністю співпадають, похибка не перевищує 5 %.

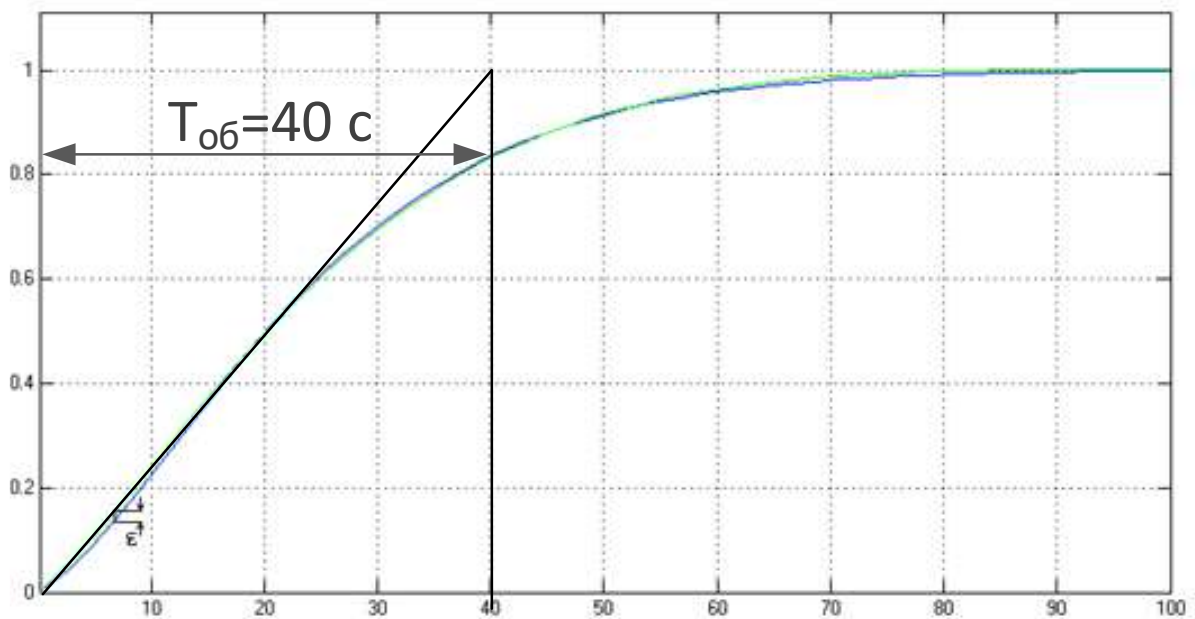


Рисунок 2.3 – Оцінка похибки апроксимації при визначенні передатної функції об'єкта керування

РОЗДІЛ 3.

ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ

3.1. Вибір алгоритму керування та програмованого логічного контролера

Аналізуючи передатну функцію об'єкта керування (прес-гранулятора) та загальні вимоги до технологічного процесу виготовлення гранульованих кормів, можна сказати, що рекомендовано використовувати регулятор безперервної дії. За технічним завданням для керування прес-гранулятором використовуємо триходову засувку для зміни подачі перегрітої пари. Для підвищення якості керування використовуємо регулятор більш складної структури. Процес гранулювання з подачею необхідної температури пари необхідно регулювати з високим темпом (щоб уникнути виробництво некондиційного комбікорму). Підтримання заданих параметрів температури сировини для виробництва гранул комбікорму можливо тільки при використанні ПД-регулятора.

Для реалізації ПД закону регулювання обираємо програмований логічний контролер (ПЛК) фірми ОВЕН марки ПЛК110-30[M02] (рис. 3.1-2). Він може реалізувати за допомогою мов програмування (наприклад FBD) цифровим закон регулювання. Для вимірювання температури використовуються термометри опору які передають аналогові сигнали тому для їх підключення використовуємо додаткові модулі розширення які додатково можуть керувати виконавчими механізмами (рис. 3.3-4).

В зв'язку з тим, що необхідно додатково ввести до ПЛК 7 аналогових сигналів та керувати 3 виконавчими механізмами обираємо два модулі розширення: модуль аналогового введення MB110-224.8A (рис. 3.3) та модуль аналогового виведення МУ110-224.6У (рис. 3.4).



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд ПЛК110-30 фірми ОВЕН

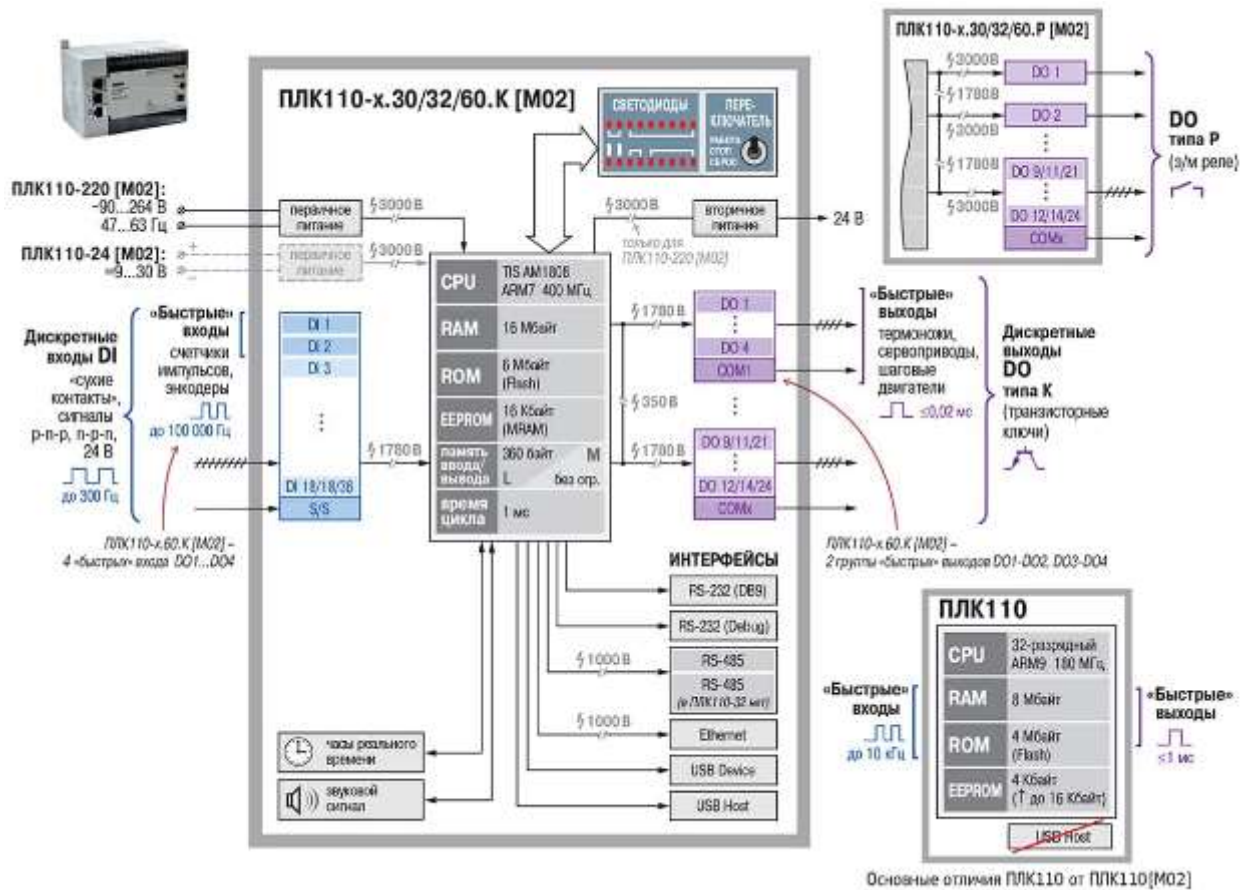


Рисунок 3.2 – Структурна схема підключень ПЛК110-30 фірми ОВЕН



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд модуля MB110-224.8A фірми ОВЕН



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд модуля МУ110-224.6У фірми ОВЕН

3.2. Вибір вимірювального перетворювача

Вимірювальні перетворювачі, що входять до складу регулятора, вибирають, як правило, в два етапи:

- на першому етапі – за типом контролюваного параметра об’єкта управління й умовами його роботи визначається різновид перетворювача;
- на другому етапі – після вибору всіх елементів регулятора за каталогами знаходять його типорозмір.

Датчик рекомендується підбирати таким чином, щоб межі його вимірювання охоплювали діапазон зміни контрольованої ним величини і були як найближчими до них, не забуваючи про необхідність забезпечення необхідної перенавантажувальної здатності датчика і про можливість його підключення до обраного електронного пристрою управління регулятора. При цьому особливу увагу необхідно приділяти швидкодії, чи інерційності вимірювального перетворювача, яка характеризується його постійною часу T_{ce} .

Так, при обґрунтуванні вибору датчика температури для регулятора температури пари на вході в дозатор необхідно в першу чергу звернути увагу на те, який діапазон зміни температури пари відповідно до технічних умов повинна забезпечити проектована система регулювання.

Згідно отриманої передатної функції об'єкту керування (прес-гранулятора) $W_{ok}(s) = \frac{2.94}{40 \cdot s + 1}$. та технічного завдання в якому визначено, що регулювання температури сировини буде здійснюватися за кількістю пари в системі зволоження сировини, де нормальний діапазон температури сировини складає 85 °С (пари до 120 °С). У відповідності до діапазону вимірювання та технічних особливостей виконання та використання (використання в агресивних середовищах, висока швидкодія та значних значеннях тиску середовища використання) обираємо датчик ТСП-1088 АС (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Датчик температури ТСП-1088 АС
(термометр опору платиновий)

Передатна функція датчика температури пари на вході в дозатор в загальному випадку:

$$W_{ce}(p) = \frac{k_{ce}}{T_d p + 1}, \quad (3.1)$$

де k_{ce} – коефіцієнт передачі сприймаючого елемента;

T_d – час термічної реакції, с.

Коефіцієнт передачі та час демпфірування сприймаючого елемента визначаємо за його технічними характеристиками та з врахуванням (3.1) отримаємо:

$$W_{ce}(p) = \frac{0.55}{5p + 1}. \quad (3.2)$$

Для вимірювання температури пари, сировини та прес-гранулятора обираємо такий саме датчик температури ТСП-1088 АС (діапазон вимірюємих температур $-50...+150$ °С).

3.3. Вибір виконавчого механізму і регулюючого органу.

Виконавчим механізмом (ВМ) називається пристрій автоматики, який діє безпосередньо або через погоджуючі елементи на регулюючий орган об'єкта управління. ВМ, як частина системи автоматичного управління, призначений для відпрацювання управляючого сигналу, який формується управляючими елементами автоматики таким чином, щоб відхилення регулюючої величини від заданого значення становило якнайменше значення. Виконавчі механізми, які з'єднані безпосередньо з регулюючими органами, переміщують їх відповідно до сигналу, що надходить від пристрою, який формує закон регулювання.

До ВМ пред'являють ряд вимог: здатність розвивати необхідне переставне зусилля або момент, достатні для перестановки регулюючого органу об'єкта; забезпечити перестановку регулюючого органу на потрібну величину; забезпечити потрібну швидкість і прискорення переміщення

регулюючого органу; мати високі техніко-економічні показники (надійність, ціна та ін.).

Обираємо ВМ залежно від величини обертового моменту необхідного для переміщення регулюючого органу [7]:

$$M_z = k \cdot (M_p + M_m), \quad (3.3)$$

де M_p – реактивний момент:

$$M_p = 0.07 \cdot \Delta P_{\max} \cdot D_y^3 = 0.07 \cdot 9.5 \cdot 10^4 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^3 \approx 0.83 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_m = 0.785 \cdot \Delta P_{\max} \cdot D_y^2 \cdot r_m \cdot \lambda = 0.785 \cdot 9.5 \cdot 10^4 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 0.15 \approx 0.28 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_z = 2 \cdot (0.83 + 0.28) = 2.22 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент обертання валу обраного виконавчого механізму повинен бути більшим за момент, необхідний для обертання заслінки: $M_u > M_z$.

В якості електроприводу, яким комплектується триходовий клапан, виступає сервопривод, побудований на електродвигуні невеликої потужності і системі передач. Цим вимогам задовольняє триходовий клапан який обладнаний електричним приводом фірми Autorun OHQ (рис. 3.6). Кульовий електричний триходовий кульовий клапан має L-подібну або Т-подібну форму і приводиться в дію електричним приводом. Виготовляється як вибухозахищений електричний привід. Т-подібний прохід може застосовуватися для пропорційного регулювання для таких середовищ, як газ, рідина і пар. Вхідні сигнали моделюючого типу 4–20 мА або 0–10 В постійного струму в якості керуючого сигналу. Тип керування може бути ON/OFF або моделюючим та інтелектуальний тип управління в якості опції. Інтелектуальний тип має панель керування і рідкокристалічний екран для легкого локального управління.

Передатна функція сервоприводу є інтегруючою ланкою:

$$W_{\text{СЕРВ}}(s) = \frac{k_{\text{СЕРВ}}}{s}. \quad (3.4)$$

де $k_{\text{СЕРВ}} = \frac{90}{58} = 1,56 \frac{\text{град}}{\text{сек}}$ – коефіцієнт передачі серводвигуна;

90 – кут повороту валу сервоприводу, град.;

58 – час повороту валу сервоприводу на кут 90о, с.

Тоді

$$W_{CEPB}(s) = \frac{1,56}{s}.$$



Рисунок 3.6 – Загальний вид триходового клапану у вибухозахищеному виконанні обладнаний електричним приводом фірми Autorun OHQ

Оскільки конструктивно у сервоприводі реалізований зворотний зв'язок за положенням (реостатний датчик положення), то остаточна передатна функція виконавчого механізму визначається як:

$$W_{BM}(s) = \frac{W_{CEPB}(s)}{1 + W_{CEPB}(s)} = \frac{\frac{1,56}{s}}{1 + \frac{1,56}{s}} = \frac{1,56}{s + 1,56} = \frac{1}{\frac{1}{1,56} \cdot s + 1} = \frac{1}{0,64 \cdot s + 1}.$$

3.4. Вибір алгоритму управління та розробки функціональної та структурної схеми САК

Отримана передатна функція об'єкта керування (температурного режиму сировини в дозаторі прес-гранулятора) та вимоги до комплексу технічних засобів, вимагає використовувати регулятор безперервної дії.

За технічним завданням для керування температурою пари в прес-грануляторі використовуємо регулюючий вентиль з сервоприводом для зміни подачі пари до дозатора прес-гранулятора. Для підвищення якості керування

використовуємо регулятор більш складної структури (ПД). У відповідності з вище вибраними пристроями складаємо структурно-функціональну схему САК прес-гранулятора (рис. 3.7).

Маючи функціонально-структурну схему складаємо структурно-алгоритмічну схему САК прес-гранулятора (рис. 3.8) визначивши передатні функції основних елементів схеми.

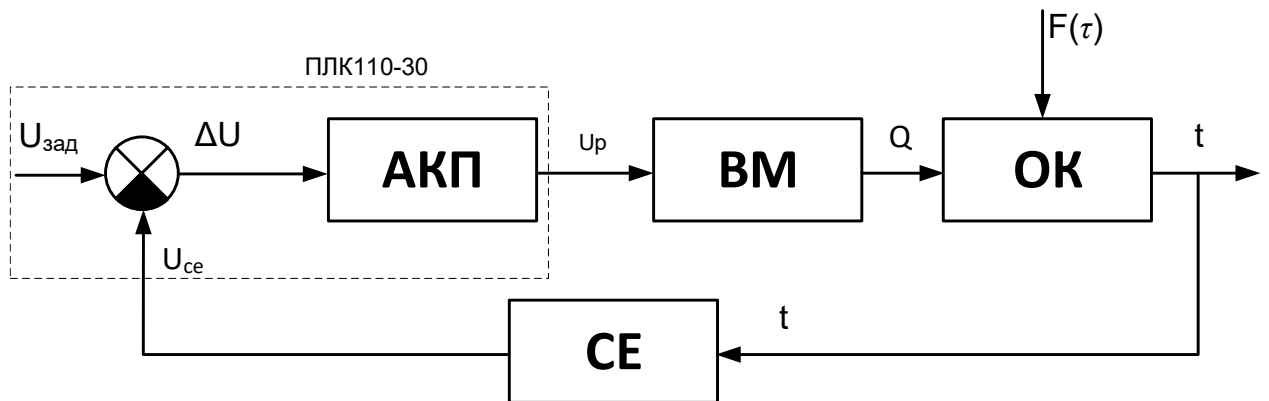


Рисунок 3.7 – Структурно-функціональна схема САК прес-гранулятора

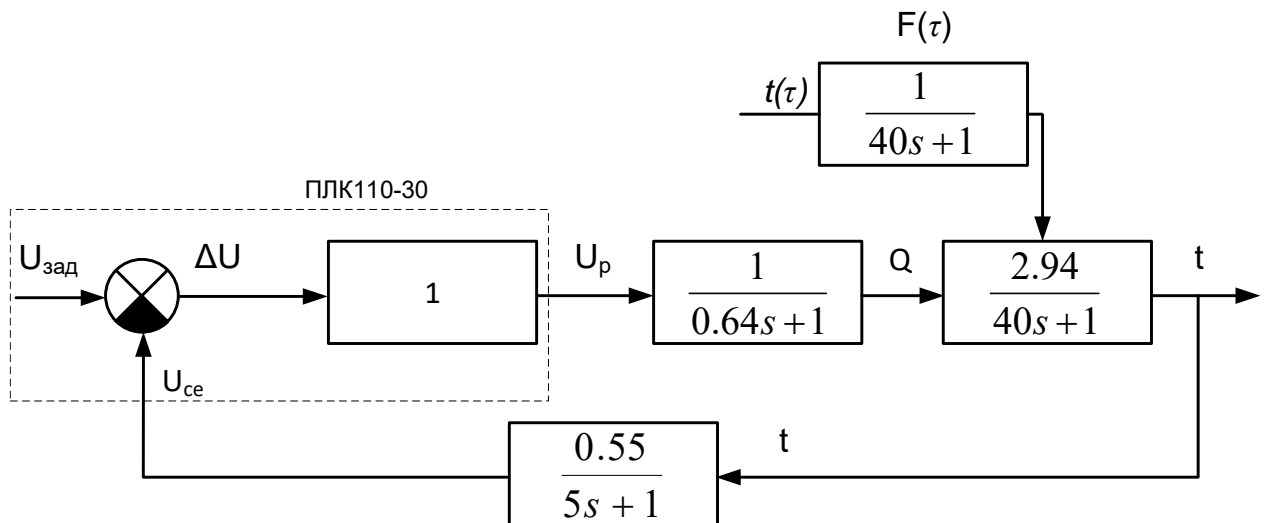


Рисунок 3.8 – Структурно- алгоритмічна схема САК прес-гранулятора

РОЗДІЛ 4.

РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Задача вибору раціонального періоду квантування T_c є однією з основних проблем реалізації цифрових систем керування. При зменшенні часу керування точність керування цифровою системою збільшується, але при цьому зростає завантаження мікропроцесора. При збільшенні часу квантування втрачається важлива інформація про сигнал, що може призвести до неможливості відтворення вихідного сигналу за дискретними вибірками. Тому виникає проблема пошуку раціонального часу квантування T_c , який задовільнив би такі суперечливі вимоги.

Згідно з теоремою Котельникова (імпульсною теоремою) для можливості безпомилкового відтворення сигналу, як показує аналіз амплітудних спектрів імпульсної системи, найменша частота квантування повинна дорівнювати $2\omega_c$, де ω_c – найвища частота вхідного сигналу, яка має місце в амплітудно-частотній характеристиці неперервної частини системи.

Теорема стверджує: якщо сигнал не містить в собі частот вище, ніж ω_c рад/с, він повністю описується своїми значеннями, виміряними у дискретні моменти часу з інтервалом:

$$T_c \leq \frac{\pi}{\omega_c}. \quad (4.1)$$

У дійсності сигналів з обмеженим спектром у системах керування фізично не існує. Всі фізичні сигнали містять у собі гармоніки, які покривають діапазон частот до ∞ .

Але амплітуди високочастотних складових значно ослаблені, тому при заданій точності відтворення сигналу ми можемо вважати, що він має обмежений спектр. Тоді найвищу частоту вхідного сигналу ω_c (межу спектра) для систем без інтегруючої ланки в неперервній частині визначають як розв'язок рівняння:

$$A(\omega) = A(0)\theta. \quad (4.2)$$

де $A(\omega) = |W_{zam}|$ – амплітудно-частотна характеристика неперервної частини замкненої автоматичної системи;

θ – максимально допустима похибка квантування, яка повинна бути забезпечена на виході системи (у абсолютних величинах);

$A(0)$ – значення амплітудно-частотної характеристики неперервної частини замкненої автоматичної системи при нульовій частоті $\omega = 0$ (визначає статичну похибку системи).

Для систем з інтегруючою ланкою в неперервній частині $A(0) = 1$, а статична похибка дорівнює нулю, тому для них рівняння (4.2) має бути таким:

$$A(\omega) = \theta. \quad (4.2')$$

Тому, для визначення передатної функції неперервної частини розімкненої системи необхідно знайти доданок передатних функцій керуючого елемента (регулятор або контролер) виконавчого механізму та об'єкта керування:

$$W_{nc}(s) = W_{ke}(s)W_{vm}(s)W_{ok}(s), \quad (4.3)$$

$$W_{nc}(s) = \frac{0.9702}{25.6 s^2 + 40.64 s + 1}. \quad (4.3')$$

Визначаємо передатну функцію неперервної частини замкненої системи:

$$W_{zam}(s) = \frac{W_{zam}(s)}{1 + W_{zam}(s)W_{ce}(s)}, \quad (4.4)$$

$$W_{zam}(s) = \frac{124.2 s^3 + 222 s^2 + 44.28 s + 0.9702}{3277 s^5 + 1.106e04 s^4 + 1.059e04 s^3 + 2123 s^2 + 108 s + 1.534}. \quad (4.4')$$

Визначаємо амплітудно-частотну характеристику неперервної частини замкненої системи як модуль її АФЧХ:

$$A(\omega) = |W_{zam}(j\omega)|. \quad (5)$$

Знаходимо значення амплітудно-частотної характеристики неперервної частини замкненої автоматичної системи при нульовій частоті $A(0)$.

Знаходимо праву частину рівняння (4.2) $A(0)\theta$.

Підставляючи отримані значення в рівняння (4.2) знаходимо найвищу частоту вхідного сигналу $\omega_c = 1.2986$ с (рис. 4.1).

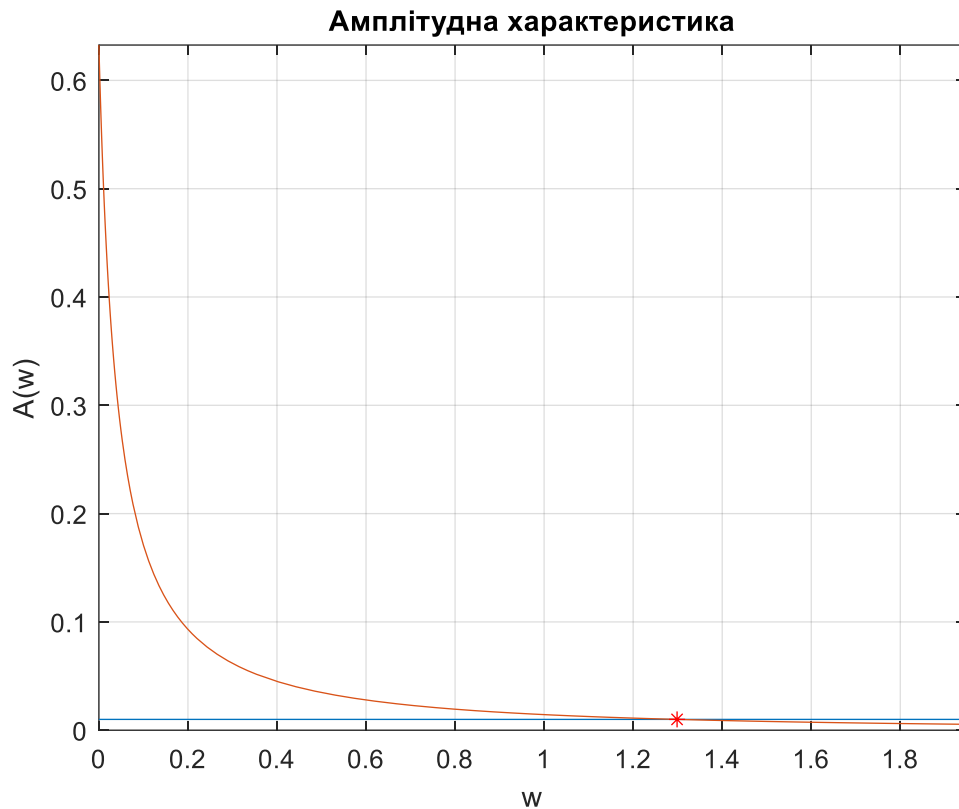


Рисунок 4.1 – Перевірка за теоремою Котельникова

Підставивши отримані вище дані розрахуємо максимально допустимий період квантування використовуючи рівняння (4.1) $T_c = 2.4192$.

Знаходимо дискретну передатну функцію цифрової розімкнутої системи з отриманим за попередніми розрахунками періодом дискретизації. Для цього за допомогою пакета MATLAB знайдемо Z-перетворення еквівалентної передатної функції з'єднання неперервної частини системи з фіксатором нульового порядку.

Обчислюємо дискретну передатну функцію замкненої системи за аналогією з рівнянням (4.4):

$$W_{ncz}(s) = \frac{0.04245 z + 0.01319}{z^2 - 0.9641 z + 0.02148} \quad (4.4'')$$

Викликаємо Simulink і у його середовищі створюємо нове робоче вікно моделі. Створюємо структурну схему системи з неперервною частиною і повністю цифрової. Встановлюємо значення параметрів блоків схеми. Виконуємо пуск моделі (Start simulation) та отримуємо графік перехідного

процесу цифрової системи.

Для оцінки стійкості цифрових систем керування необхідно визначити характеристичне рівняння системи у Z -перетворенні:

$$a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + a_2 z^{n-2} + \dots + a_{n-1} z + a_n = 0. \quad (4.6)$$

Умова стійкості: всі корені характеристичною рівняння (4.6) повинні знаходитись у колі одиничного радіуса на Z -площині (рис. 4.2):

для дійсних коренів – $|z_k| < 1$;

для комплексних – $\sqrt{Re^2(z_k) + Im^2(z_k)} < 1$.

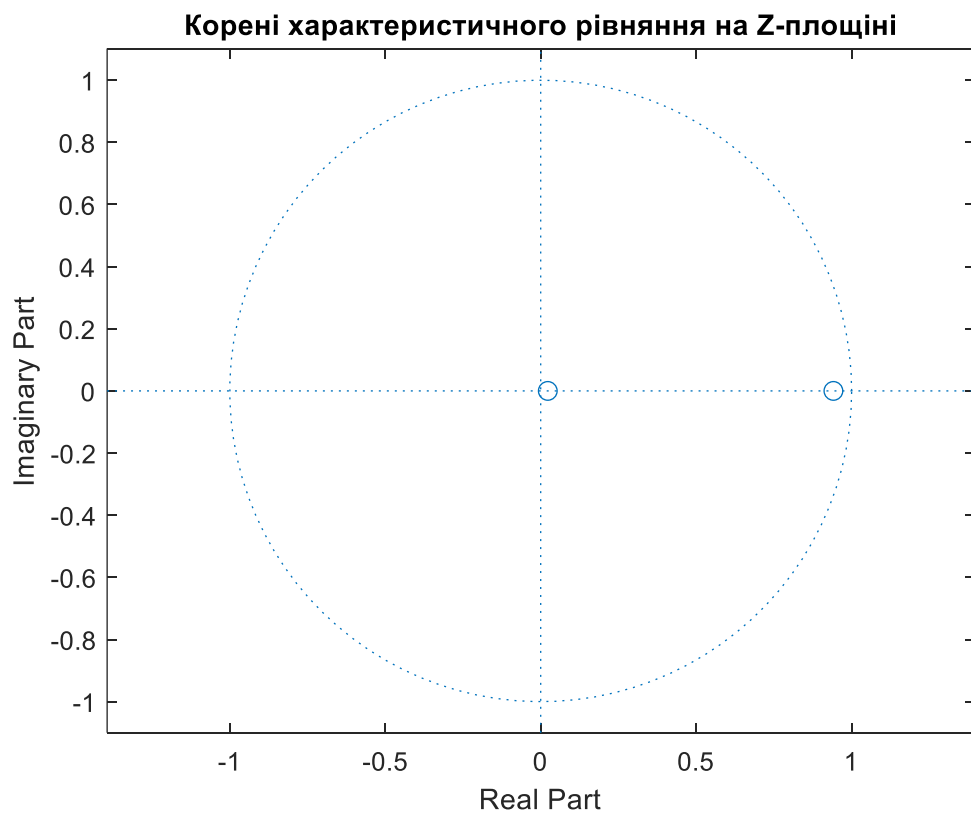


Рисунок 4.2 – Корені характеристичного рівняння на z -площині

Всі корені знаходяться в колі – тобто система є стійкою (рис. 4.2).

Для визначення коефіцієнтів ПІД регулятора (рис. 4.3), спочатку визначається параметр інтегральної складової регулятора, який залежить від добротності за швидкістю K_v неперервної частини системи:

$$K_v = \lim_{z \rightarrow 1} W_{nc}(z) K_i. \quad (4.7)$$

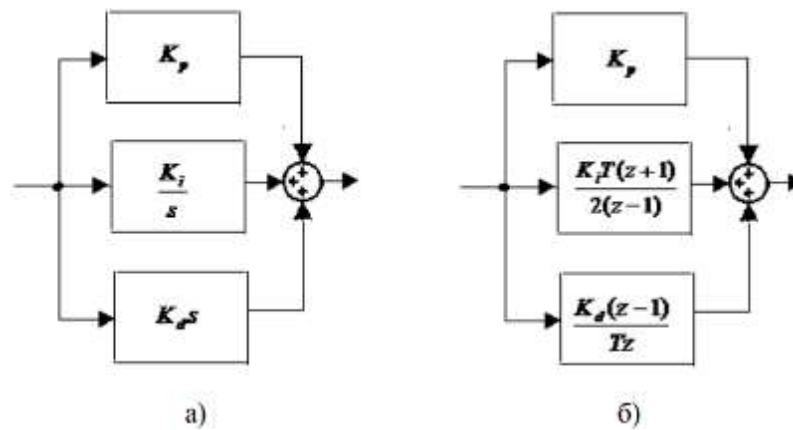


Рисунок 4.3 – Структурні алгоритмічні схеми неперервного (а) і цифрового (б) ПІД-регуляторів

Після знаходження K_i параметри K_p і K_d визначаються таким чином, щоб компенсувати знаменник дискретної передатної функції неперервної частини системи, що є поліномом другого степеню $z^2 + dz + c$.

Передатна функція ПІД-регулятора (рис. 4.1, б) має вигляд:

$$W_r(z) = K_p + \frac{K_i T(z+1)}{2(z-1)} + \frac{K_d(z-1)}{z}. \quad (4.8)$$

Після зведення цього виразу до загального знаменника та винесення за дужки коефіцієнта при z^2 $W_r(z)$ матиме вигляд:

$$W_r(z) = \frac{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d}{2Tz(z-1)} \left(z^2 + \frac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d} z + \frac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d} \right). \quad (4.9)$$

Для компенсації двох полюсів необхідно знайти такі K_p і K_d , які б задовольняли систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d} = d. \\ \frac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d} = c. \end{cases} \quad (4.10)$$

Для дослідження показників якості роботи системи використовується програмне середовище MATLAB (рис. 4.4-5).

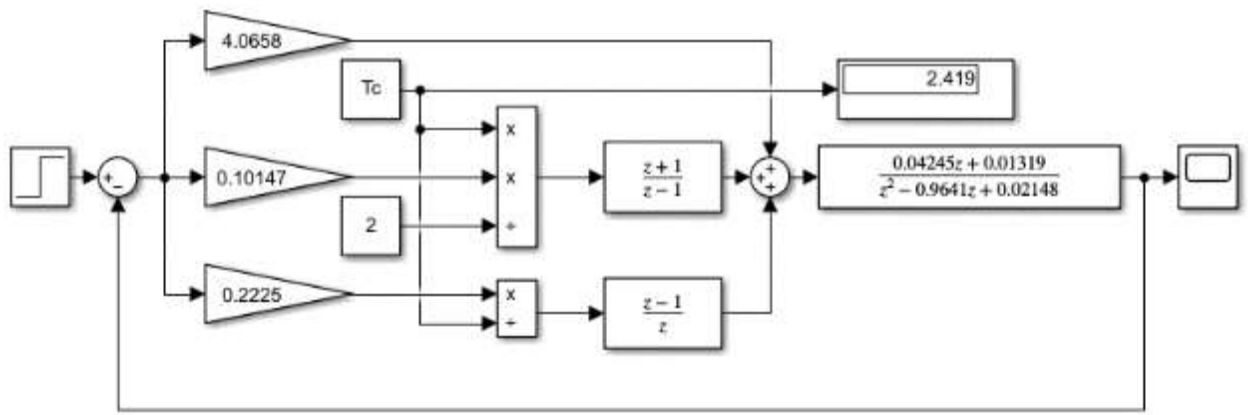


Рисунок 4.4 – Імітаційна модель в MATLAB САК процесу в прес-грануляторі

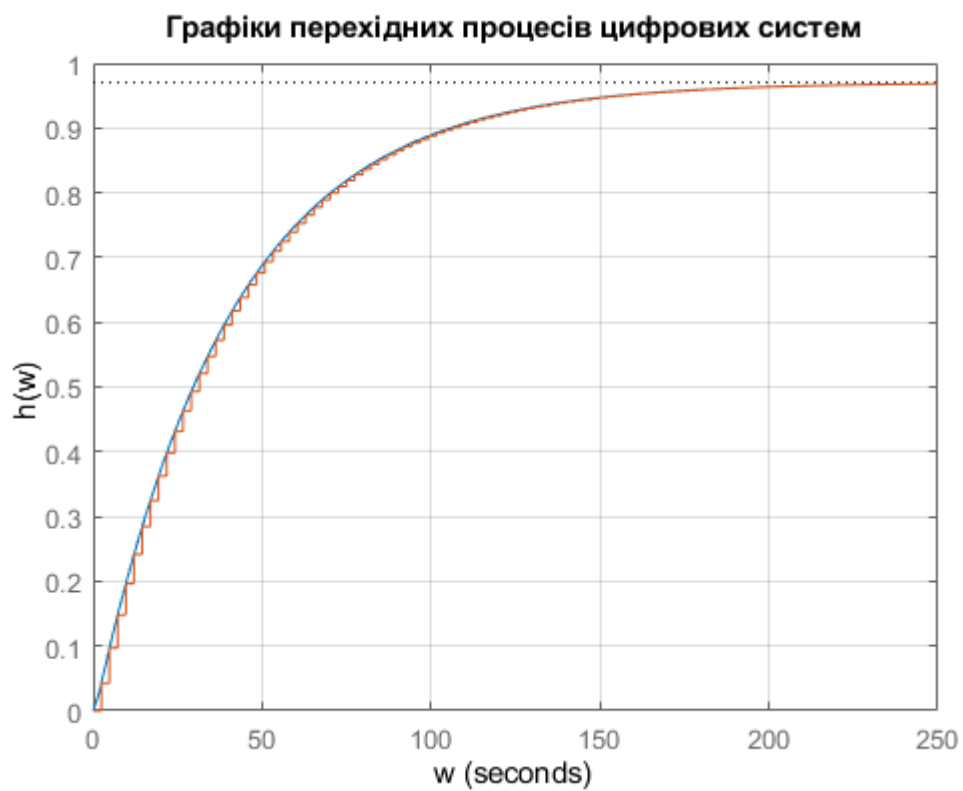


Рисунок 4.5 – Перехідний процес системи автоматичного керування процесу в прес-грануляторі

Аналізуючи перехідний процес отримали, час регулювання 60 секунд; коливальність 0; статична похибка 0; тобто відсутні помилки регулювання та перерегулювання.

РОЗДІЛ 5.

СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1. Вибір апаратури захисту та керування

Обладнання прес-гранулятора налічує вісім електродвигунів (опис с призначенням наведено в додатках.

Для захисту електродвигунів обираємо лінійку автоматичних вимикачів фірми Шнайдер Електрик GV2, які призначені для захисту від короткого замикання та перевантаження електродвигунів.

Вибір автоматичного вимикача QF1.

Згідно технічного завдання в схемі використовуються електричний двигун для привода преса-гранулятора потужністю 22 кВт, тому для його захисту обираємо автоматичний вимикач який розрахований на:

$$U_{nd} = 400V ;$$

$$I_{nd} = 31A.$$

Обираємо автоматичний вимикач GV2ME32 (рис. 5.1) з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$; $I_{na} = 32A$; $I_{mr} = 416A$.



Рисунок 5.1 – Автоматичний вимикач з магнітним розчиплювачем GV2ME32

Вибір автоматичного вимикача QF2.

Згідно технічного завдання в схемі використовуються електричний двигун для привода вентилятора охолоджувача потужністю 11 кВт, тому для його захисту обираємо автоматичний вимикач який розрахований на:

$$U_{nd} = 400V ;$$

$$I_{nd} = 22A.$$

Обираємо автоматичний вимикач GV2ME22 з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$; $I_{na} = 25A$; $I_{mr} = 327A$.

Вибір автоматичного вимикача QF3.

Згідно технічного завдання в схемі використовуються електричний двигун для привода мішалки потужністю 2.2 кВт, тому для його захисту обираємо автоматичний вимикач який розрахований на:

$$U_{nd} = 400V ;$$

$$I_{nd} = 5A.$$

Обираємо автоматичний вимикач GV2ME10 з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$; $I_{na} = 6.3A$; $I_{mr} = 78A$.

Вибір автоматичного вимикача QF4-6.

В схемі використовуються електричні двигуни для приводу норії, приводу сортувальної секції та дозатора потужністю 1.1 кВт, тому для їх захисту обираємо автоматичні вимикачі які розраховано на:

$$U_{nd} = 380V ;$$

$$I_{nd} = 3.5A.$$

Обираємо автоматичний вимикач з магнітним розчиплювачем GV2ME08 з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$; $I_{na} = 4A$; $I_{mr} = 51A$.

Вибір автоматичного вимикача QF7-8.

В схемі використовуються електричні двигуни для приводу зворощувача та приводу шлюзового затвору циклону потужністю 0.75 кВт, тому для їх захисту обираємо автоматичні вимикачі які розраховано на:

$$U_{nd} = 380V ;$$

$$I_{nd} = 2A .$$

Обираємо автоматичний вимикач з магнітним розчиплювачем GV2ME08 з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$; $I_{na} = 2.5A$; $I_{mr} = 33.5A$.

Вибір автоматичного вимикача QF9.

В схемі керування в якій основними споживачами є магнітні пускачі, програмований логічний контролер та виконавчі механізми з живленням від постійного струму, обираємо двох полюсний автоматичний вимикач iK60N (рис. 5.2), з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 240V$; $I_{na} = 4A$.



Рисунок 5.2 – Автоматичний вимикач iK60N C4 2P

Магнітні пускачі для керування електродвигунами розділимо на дві групи за струмом навантаження.

Вибір електромагнітного пускача КМ1.

Електромагнітний пускач для керування електродвигуна для привода преса-гранулятора повинен відповідати наступним вимогам:

$$U_n \geq 380V ;$$

$$I_n > 32A ;$$

$$U_k = 220V .$$

Використовуючи перелічені умови обираємо електромагнітний пускач

LC1D40AP7 (рис. 5.3) з наступними основними характеристиками:
 $U_n = 440V$; $I_n = 40A$; $U_k = 220V$.



Рисунок 5.3 – Електромагнітний пускач LC1D40AP7

Вибір електромагнітного пускача КМ2.

Електромагнітний пускач для керування електродвигуна для приводу вентилятора охолоджувача повинен відповідати наступним вимогам:

$$U_n \geq 380V;$$

$$I_n > 22A;$$

$$U_k = 220V.$$

Використовуючи перелічені умови обираємо електромагнітний пускач LC1D25P7 з наступними основними характеристиками: $U_n = 440V$; $I_n = 25A$; $U_k = 220V$. Використовуємо в схемі більш потужні магнітні пускачі зв'язку з тим що немає в номіналі відповідних.

Вибір електромагнітного пускача КМ3-8.

Електромагнітний пускач для керування електродвигунами потужністю 0.75...1.1 кВт повинні відповідати наступним вимогам:

$$U_n \geq 380V;$$

$$I_n > 10A;$$

$$U_k = 220V .$$

Використовуючи перелічені умови обираємо електромагнітний пускач LC1D12P7 з наступними основними характеристиками: $U_n = 440V$; $I_n = 12A$; $U_k = 220V$. Використовуємо в схемі більш потужні магнітні пускачі зв'язку з тим що немає в номіналі відповідних.

Для захисту вихідних контактів програмованого логічного контролера використовуємо проміжні реле.

Вибір проміжних реле KL1-9.

Проміжні реле повинні відповідати наступним вимогам:

кількість контактів 3;

малий струм обмотки;

$$U_k = 24V .$$

Використовуючи перелічені умови обираємо проміжне реле MY4-NS 24V DC (рис. 5.4) з наступними основними характеристиками: кількість контактів – 4 групи; $I_n = 5A$ при $U_n = 240V$; $U_k = 24V$.



Рисунок 5.4 – Проміжне реле MY4-NS 24V DC

Для перемикання режимів керування три ходовим вентилем використовуємо двопозиційний перемикач.

Вибір двопозиційного перемикача SA1.

Перемикач повинен задовольняти наступним вимогам: $U_s \geq 24V$;
 $I_s > 0.5A$. Обираємо двопозиційні перемикачі з нульовим положенням
 XB5AD33 (рис. 5.5) з наступними основними характеристиками: $U_s = 220V$;
 $I_s = 3A$.



Рисунок 5.5 – Двопозиційний перемикач з нульовим положенням XB5AD33

5.2. Вибір проводів та кабелів

Для підключення електричних двигунів привода прес-гранулятора при виборі кабелів необхідно виконати наступні умови:

$$U_n \geq 380V ; I_n > 32A ; n = 4 .$$

За цими технічними вимогами обираємо кабель КГнв (4х6) з площею поперечного перерізу 6 мм^2 (відповідає тривалому струму 50А).

Для підключення електричних двигунів приводів навантаженням насосів при виборі кабелів необхідно виконати наступні умови:

$$U_n \geq 380V ; I_n > 10A ; n = 4 .$$

За цими технічними вимогами обираємо кабель КГнв (4х2.5) з площею поперечного перерізу 2.5 мм^2 (відповідає тривалому струму 25А).

Для монтажу в щиті використовуємо однотипний провід, який обираємо за максимальним тривало допустимим струмом 10 А. Обираємо провід ПВ-1 (1х1) з площею поперечного перерізу 0.5 мм^2 .

5.3. Розробка схеми електричної принципової САК виробництвом комбікормів

При розробці принципової електричної схеми САК виробництвом комбікормів користуємось довідковою технічною інформацією, щодо підключення основних елементів (рис. 5.6-15).

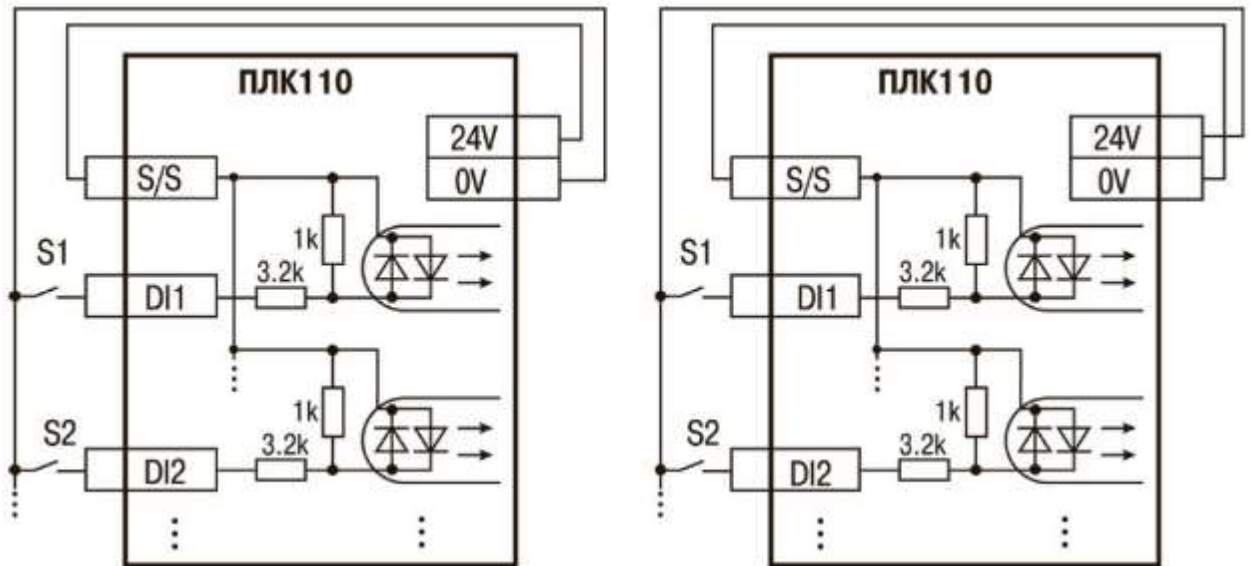


Рисунок 5.6 – Схема підключення контактних датчиків (S1-Sn) до входів ПЛК110

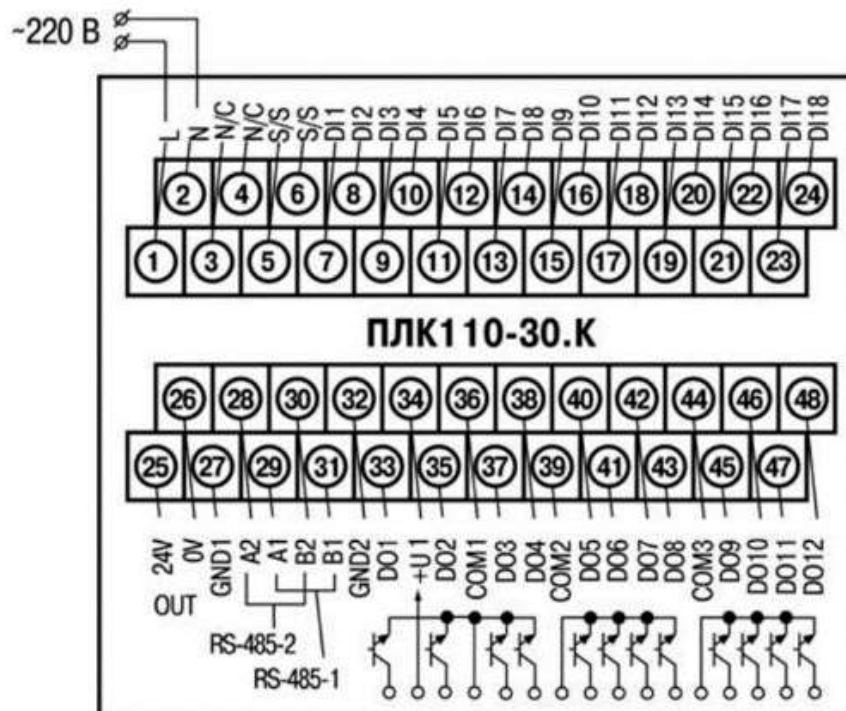


Рисунок 5.7 – Схема розташування та призначення клем на ПЛК110-30

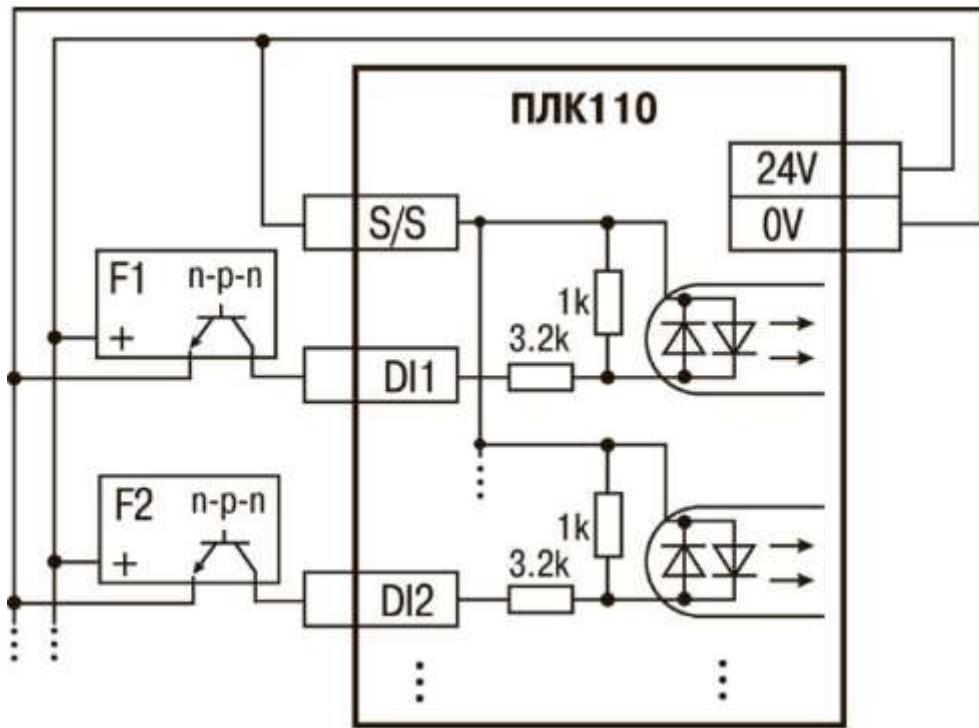


Рисунок 5.8 – Підключення до дискретних входів датчиків (F1-Fn), що мають на виході транзисторний ключ n-p-n-типу

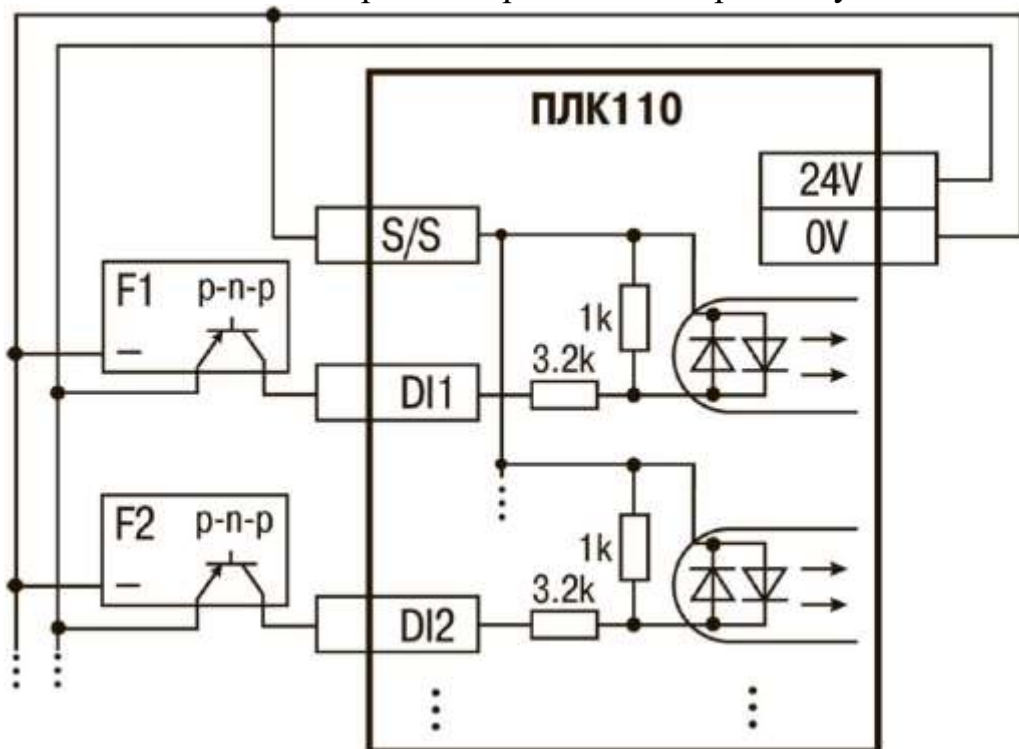


Рисунок 5.9 – Підключення до дискретних входів датчиків, що мають на виході p-n-p - транзисторний ключ

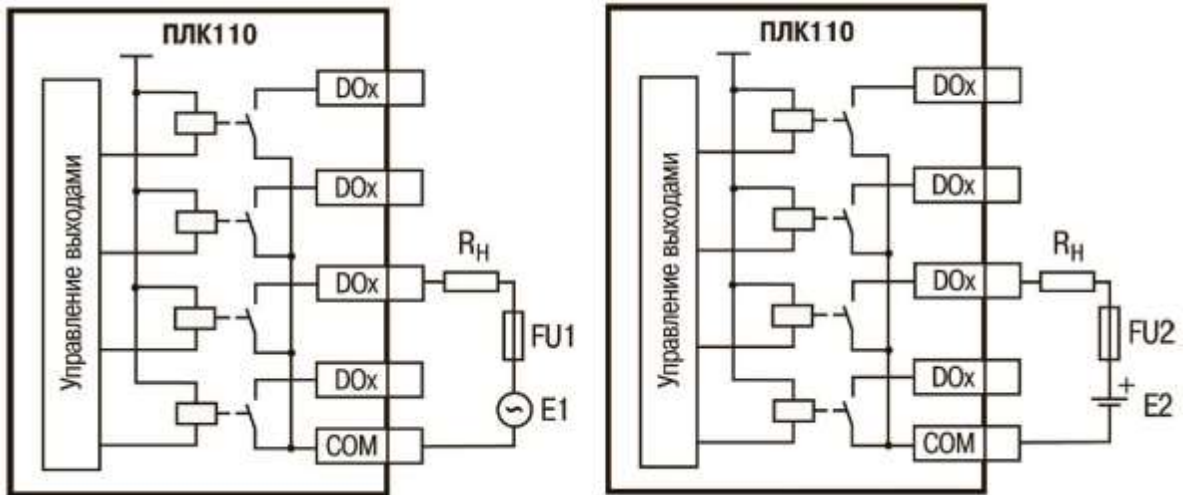


Рисунок 5.10 – Вихідні елементи типу Р контролера з зовнішніми ланцюгами захисту при активному навантаженні

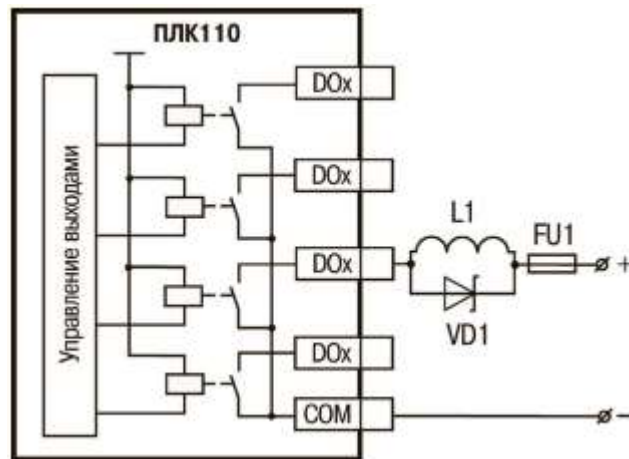


Рисунок 5.11 – Підключення ланцюгів захисту при реактивній навантаженні

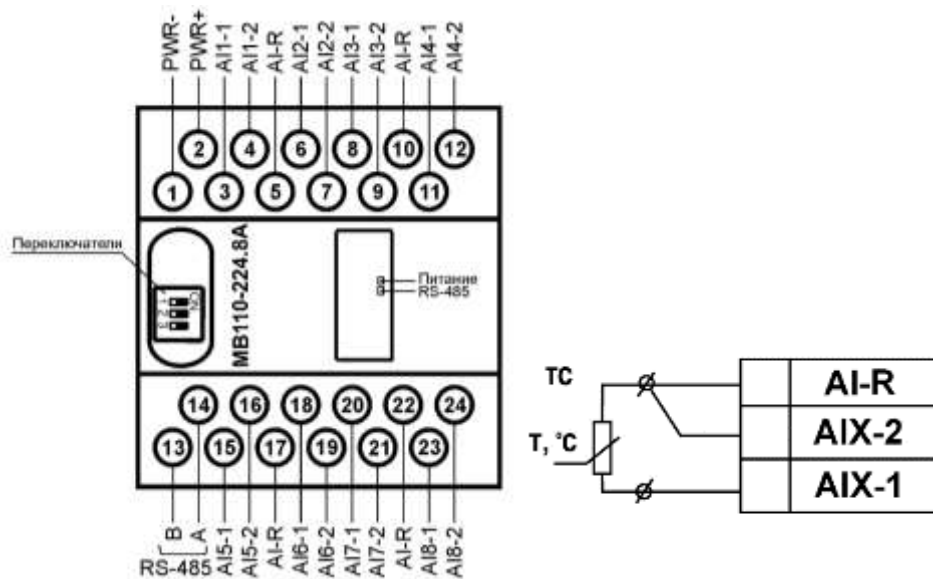


Рисунок 5.12 – Схема підключень модуля аналогового введення MB110-224.8A

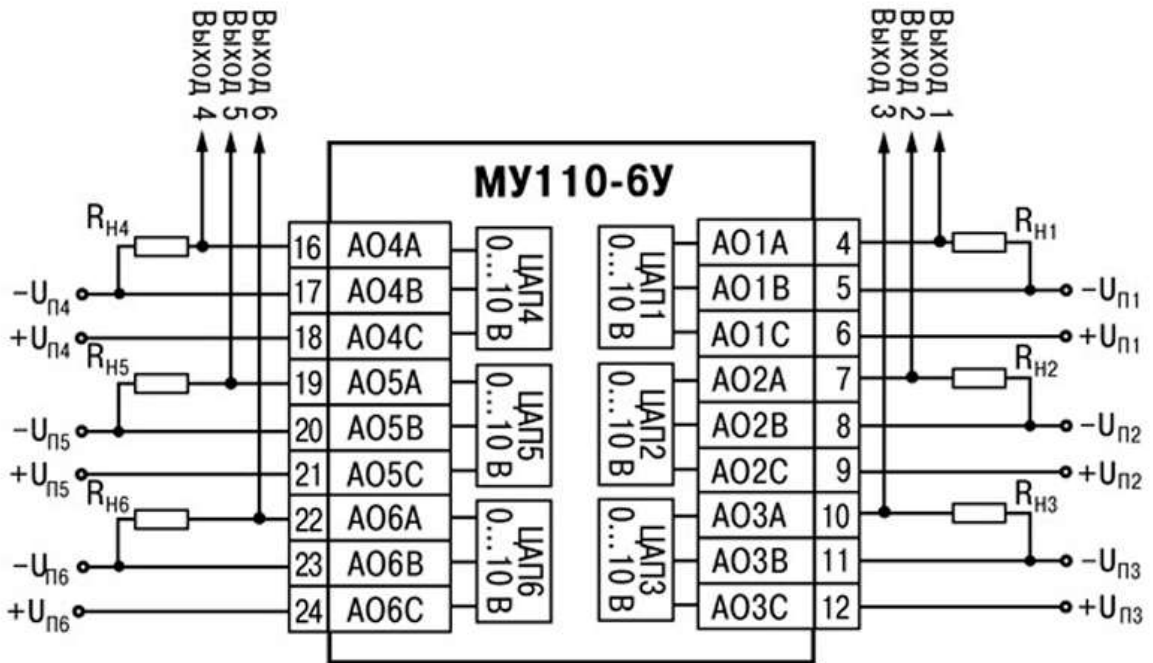


Рисунок 5.13 – Схема підключень модуля аналогового виведення MU110-224.6У

Для підключення датчиків температури необхідно використовувати перетворювач сигналів PSA-02 (рис. 5.14) та для датчика тиску схему на рис 5.15.

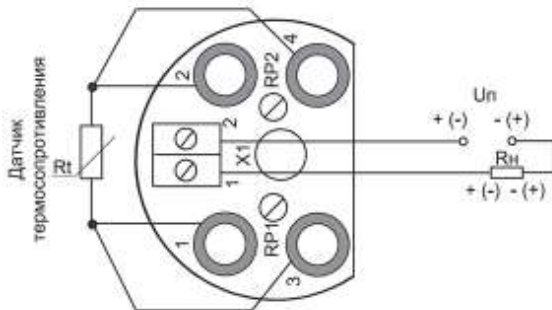
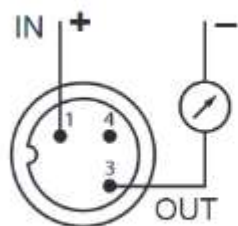


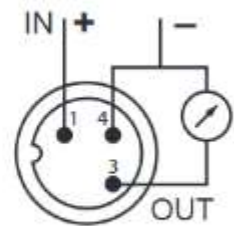
Рисунок 5.14 – Схема підключень перетворювача сигналів PSA-02 термометра опору ТСП-1088 AC

Connections / Connexions / Anschlüsse / Connexiones / Connessioni / Ligações

4-20 mA



0-10V




 : Load / Charge / Last / Carga / Carico / Carga

Рисунок 5.15 – Схема підключень датчика тиску XMLG016D21

Принципову електричну схему САК виробництвом комбікормів, можна умовно розділити на силову (рис. 5.16) та керування (рис. 5.17).

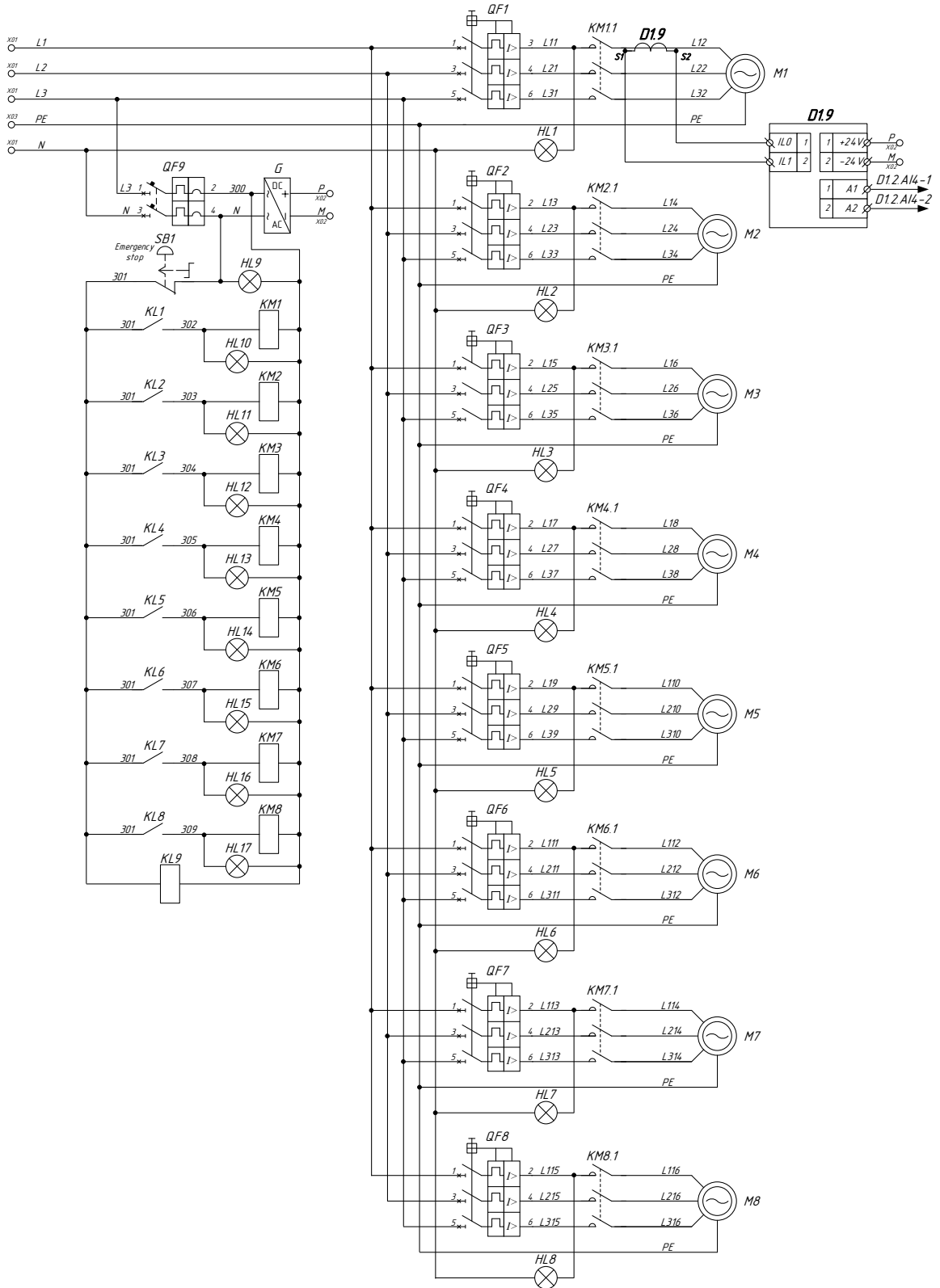


Рисунок 5.16 – Принципова електрична схема САК виробництвом комбікормів (силова частина)

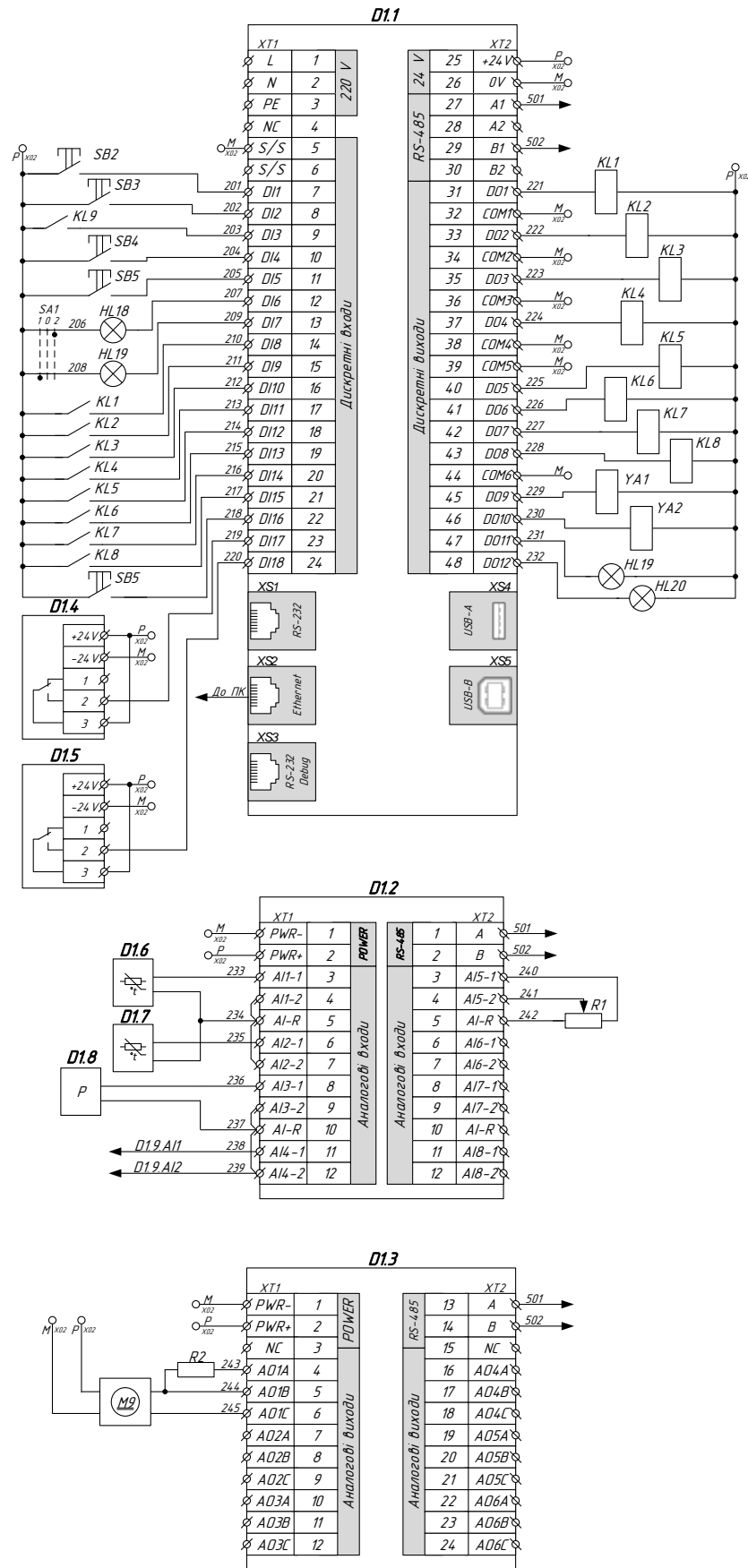


Рисунок 5.17 – Принципова електрична схема САК виробництвом комбікормів (частина керування)

Принципова електрична схема САК виробництвом комбікормів з використанням ПЛК110-30[M02] фірми ОВЕН. Програма запрограмована в ПЛК здійснює керування вмиканням/вимиканням електродвигунів, виконавчими механізмами та клапанами за певним алгоритмом.

Алгоритм роботи принципової електричної схеми САК виробництвом комбікормів полягає в наступному:

1. Після вмикання автоматичних вимикачів QF1-9 подається живлення в цепі керування та силові цепі;
2. Живлення ПЛК автоматично переводить внутрішні програми в стан RUN, що означає виконання запрограмованих програм в циклі;
3. Після старту виконання програм в ПЛК натисканням кнопки SB2, всі робочі органи виробництва гранульованого комбікорму вмикаються, через проміжні реле KL1-8 подається живлення на магнітні пускачі KM1-8 які подаються живлення на електродвигуни приводів в гранульованого комбікорму M1-8;
4. Очікується подача сировини в бункер про що буде сигналізувати датчик нижнього рівня D1.4, також в бункері встановлено датчик верхнього рівня D1.5 який сигналізує про аварійне переповнення бункера, яке зупиняє подачу сировини в бункер вимикаючи електродвигуни M5 та M8;
5. ПЛК очікує 45 с для потрапляння сировини з бункера до змішувача та подається керуючий сигнал на електромагнітні клапани YA1-2, які відкривають подачу перегрітого пару до камери змішувача.
6. Датчик D1.6 вимірює температуру пари на вході в змішувач (яка повинна бути не вище 120 °C), одночасно контролюється тиск пари датчиком тиску D1.8, та при його перевищенні спрацьовує блокування подачі пари перекриттям електромагнітних клапанів YA1-2.
7. Для керування процесом змішування та зволоження сировини використовується датчик D1.7, який вимірює температуру вже зволоженої сировини яка повинна бути 85 °C процес регулюється триходовим клапаном

який обладнано серводвигуном M9, що зменшує подавання пари в змішувач за ПДД-законом регулювання.

8. В ході технологічного процесу контролюється струм електродвигуна преса-гранулятора M1 датчиком струму D1.9, який передає інформацію до ПЛК.

9. Зупинка технологічного процесу відбувається шляхом натискання кнопки SB3, після чого поступово відключаються всі електродвигуни з відповідними затримками часу для уникнення залишення сировини в лініях транспортування.

10. Перемикач SA1 дозволяє відключити ПД регулятор та налаштувати температуру сировини в змішувачі за допомогою резистора R1, який змінює ступень відкриття триходового клапану.

11. В схемі також передбачено заходи безпеки на виробництві шляхом встановлення кнопки аварійної зупинки SB1, яка зупиняє весь технологічний процес шляхом знеструмлення всіх приводів M1-M8 та спрацюванням проміжного реле KL9 яке дає команду ПЛК про аварію та вимикає клапани подачі пари.

5.4. Розробка алгоритму керування та програмного забезпечення САК виробництвом комбікормів

Перед початком програмування необхідно розробити алгоритм роботи програми (рис. 5.18). Алгоритм роботи передбачає використання ПДД-закону для регулювання подачею пари в змішувач для зволоження та підігрів сировини до 85 °С, збуренням в цій системі є початкова температура сировини яка залежить від температури оточуючого середовища.

Для програмування ПЛК ОВЕН використовується програмне забезпечення CoDeSys, яке можна завантажити з сайту виробника ПЛК.

CoDeSys – це сучасний інструмент для програмування контролерів (CoDeSys утворюється від слів Controllers Development System) від компанії 3S – Smart Software Solutions GmbH. CODESYS є пристроє-незалежним

середовищем, що надає користувачеві можливість створення програм на мовах стандарту IEC 61131-3.

При складанні програми використовуємо різні мови програмування: для програмування затримок часу використовуємо мову SFC (рис. 5.19) для реалізації загального технологічного процесу мову ST (рис. 5.20).

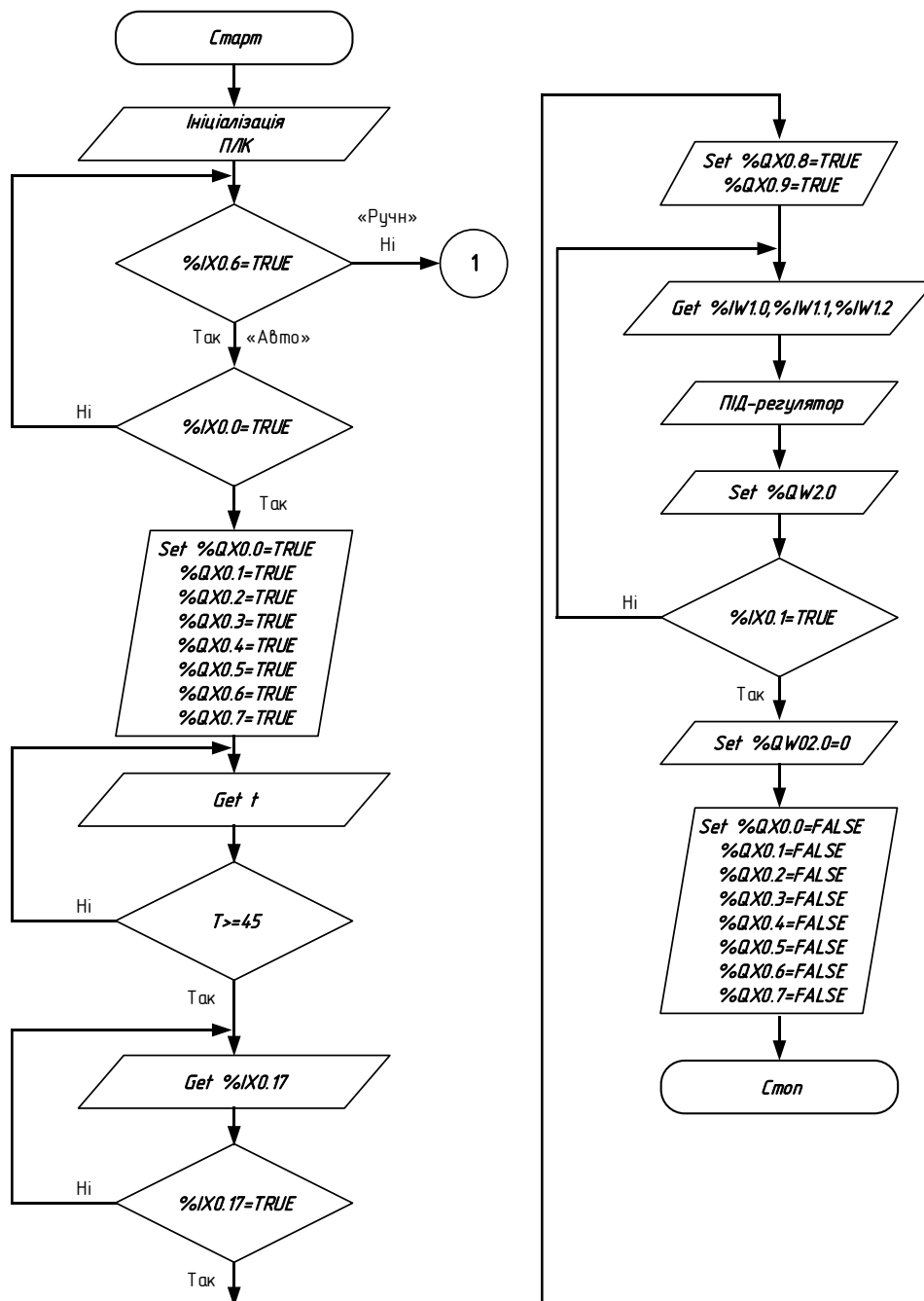


Рисунок 5.18 – Фрагмент алгоритму програми з ПІД регулятором

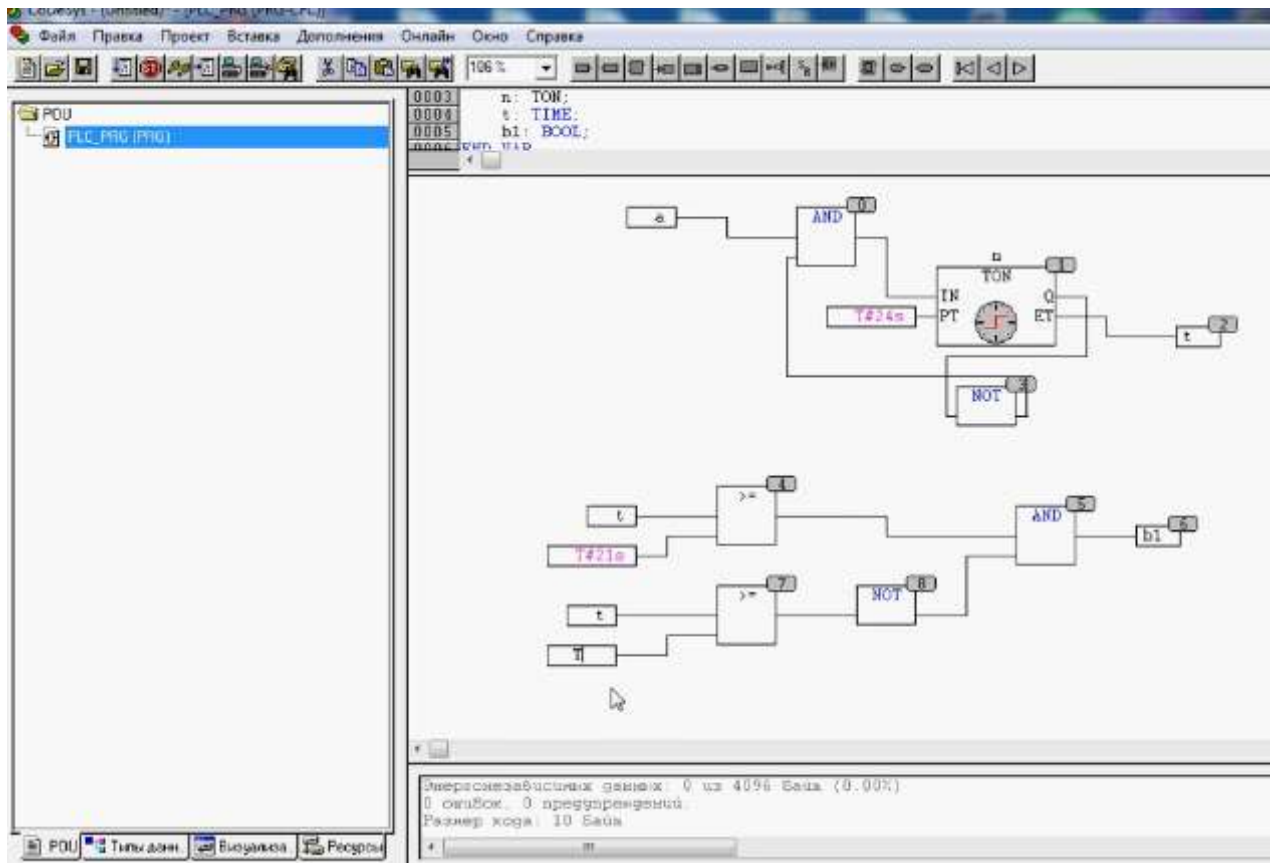


Рисунок 5.19 – Фрагмент програми в CoDeSys для програмування затримки часу вимикання приводів на мові SFC

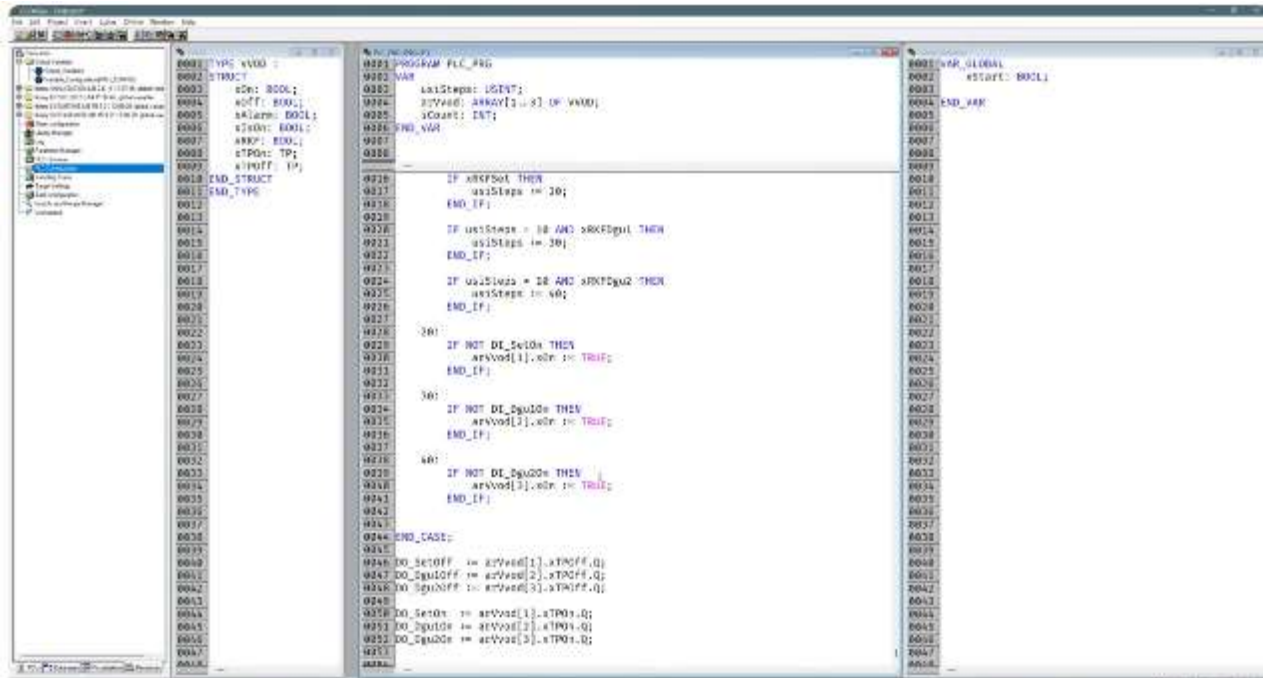


Рисунок 5.20 – Фрагмент програми в CoDeSys для програмування САК виробництва комбікорму на мові ST

Для реалізації СКАДА системи використовуємо SCADA TRACE MODE® 6, що складається з інструментальної системи - Інтегрованого середовища розробки та з набору виконавчих модулів. Інструментальна система використовується на робочому місці розробника АСУ. У ній створюється набір файлів, який називається проектом TRACE MODE.

За допомогою виконавчих модулів TRACE MODE® проєкт АСУ запускається на виконання в реальному часі. SCADA TRACE MODE дає змогу створювати проєкт одразу для кількох виконавчих модулів - вузлів проєкту. SCADA Linux logo Кожному вузлу проєкту відповідає одна інсталяція виконавчого модуля.

TRACE MODE 6 є кросплатформним інструментом розробки АСУ ТП - TRACE MODE 6.

За допомогою інтегрованої інструментальної системи SCADA TRACE MODE можна:

- під'єднатися до більш ніж 2812 ПЛК, лічильників і пристроїв через безкоштовні драйвери або OPC;
- Реєстр вітчизняного ПЗ розробити якісний графічний операторський інтерфейс (SCADA/HMI), у т.ч. і з web-доступом;
- створювати АСУ ТП як під Windows, так і під Linux.
- створити базу систему запису історії процесу у власній промисловій СУБД;
- написати програми керування на 5-и мовах стандарту MEK 6-1131/3, за розкладами, статистичними даними, або за допомогою рецептів;
- налаштувати систему безпеки SCADA, що відповідає сучасним вимогам;
- запрограмувати промисловий контролер (SOFTLOGIC) на 5-и мовах стандарту MEK 6-1131/3;
- створити систему управління тривожними і попереджувальними повідомленнями;
- генерувати якісні звіти, за допомогою власного генератора;

- створити АСУ ТП у різних архітектурах: розподілених (PCУ), клієнт-серверних або web-орієнтованих;
- розробити надійні системи в умовах поганого зв'язку (телемеханіка);
- легко створювати надійні резервовані системи;
- скористатися потужними засобами налагодження та віддаленої діагностики АСУ.

Для зв'язку зі СКАДА з ПЛК використовуємо протокол MODBUS-RTU. СКАДА система передбачає автоматичний та ручне керування, що передбачає керування окремими електродвигунами технологічного процесу виробництва комбікормів та регулювати подачу пари в змішувач. В автоматичному режимі в ПЛК ОВЕН вбудовано ПІД регулятор який виробляє керуючі дії на триходовий клапан який у відповідності до вимірної температури змінює подачу пари. На головному екрані відображається необхідні температурні показники, значення тиску пари та струм двигуна прес-гранулятора (рис. 5.21).

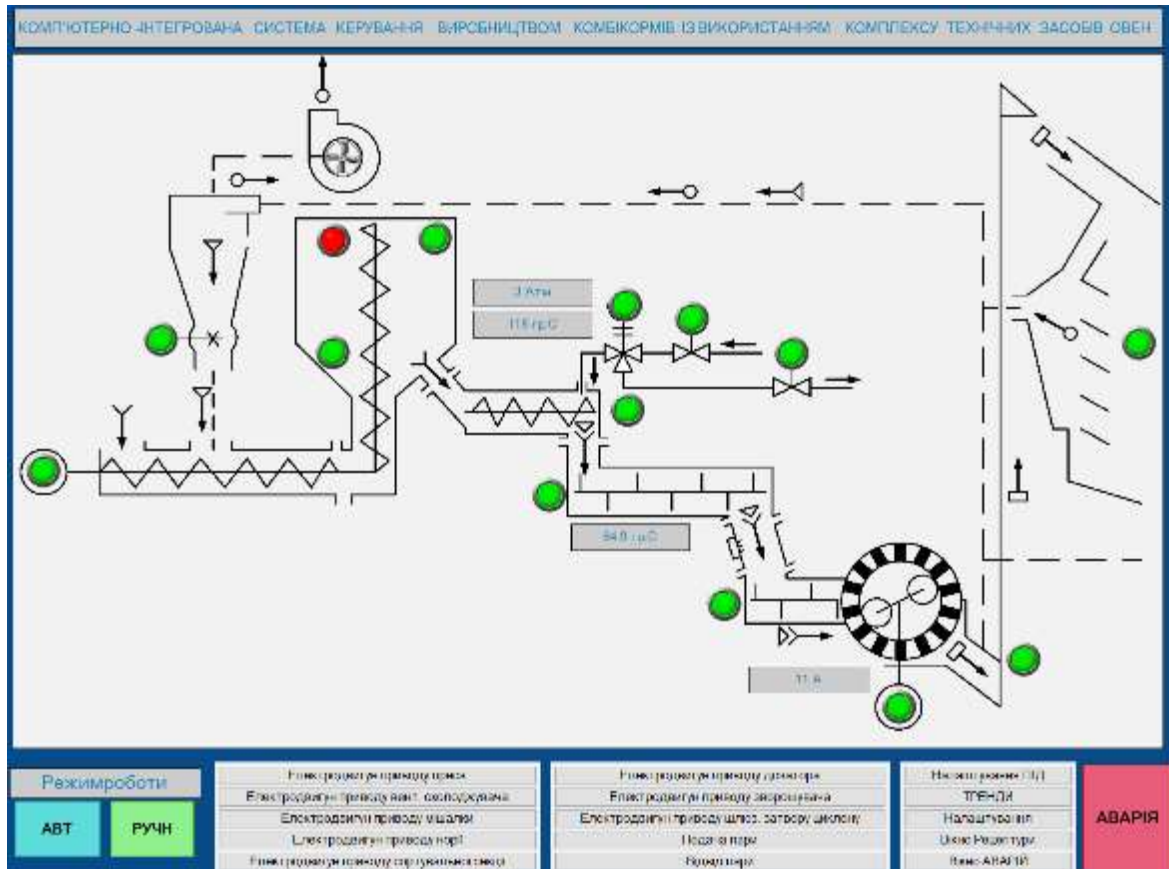


Рисунок 5.21 – Головний екран СКАДА системи виробництва комбікорму

5.5. Вибір щита керування

Щит призначено для розміщення засобів контролю та керування технологічними процесами в САК виробництвом комбікормів. При розрахунку габаритів ящика враховуються сумарний обсяг необхідний для монтажу всіх елементів які в ньому монтуються. У відповідності до схеми електричної принципової САК виробництвом комбікормів необхідно розташувати в щиті автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, проміжні реле, ПЛК з модулями розширення, тому вибір розмірів будемо проводити спираючись на розміри всіх елементів. Для щита передбачимо встановлення його на підвісі та ступінь захисту від вологи, бо він буде розміщуватись в приміщенні з підвищеною вологістю.

Обираємо бокс монтажний Бм-80+П (650x800x260) (рис. 5.22).



Рисунок 5.22 – Загальний вигляд бокс монтажний Бм-80+П

5.6. Розробка схеми з'єднань та підключень.

Розробку схем схеми з'єднань виконуємо з використанням ДСТУ «ГОСТ 2.702:2013 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем» [8]. Для позначень елементів використовували «ГОСТ 2.710-81, ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в

электрических схемах» (станом на 01.01.2019 недейсний).

При розробці схеми використовуємо наступні правила:

- схему з'єднань розроблено для щита Бм-80+П;
- усі елементи QF, KM, KL, D1 було розміщено на задній панелі щита керування згідно ДСТУ «ГОСТ 2.702:2013 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем»;
- дотримано маркування кабелів, ліній зв'язку з використанням «ГОСТ 2.710-81, ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

5.7. Розрахунок надійності системи автоматичного керування.

Для розрахунку надійності САК виробництвом комбікормів занесемо в таблицю всі елементи схеми електричної принципової з зазначенням інтенсивності їх відмови (табл. 5.1).

Результуюча інтенсивність відмови всіх елементів буде становити:
 $\lambda_p = 71.398 \cdot 10^{-6}$, год⁻¹.

Беремо, що термін експлуатації системи становитиме $t = 1 \cdot 10^3$ год, тобто результуючу ймовірність безвідмовної роботи системи визначимо за виразом:

$$p_{рез}(1000) = e^{-71.398 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3} = 0.9310912 .$$

Таблиця 5.1 – Розрахункові параметри САК виробництвом комбікормів на надійність

№	Найменування	Кількість	Інтенсивність	Рез. інтенсивність
1	Електромеханічне реле	17	0.5	8.5
2	Контакти	3	0.25	0.75
3	Автоматичні вимикачі	9	0.13	1.17
4	Лампи	20	0.625	12.5
5	Трансформатори	2	0.17	0.34
6	Електродвигуни	9	5.24	47.16
7	Інтегральні мікросхеми	6	0.1	0.6
8	Кнопка	6	0.063	0.378
				71.398

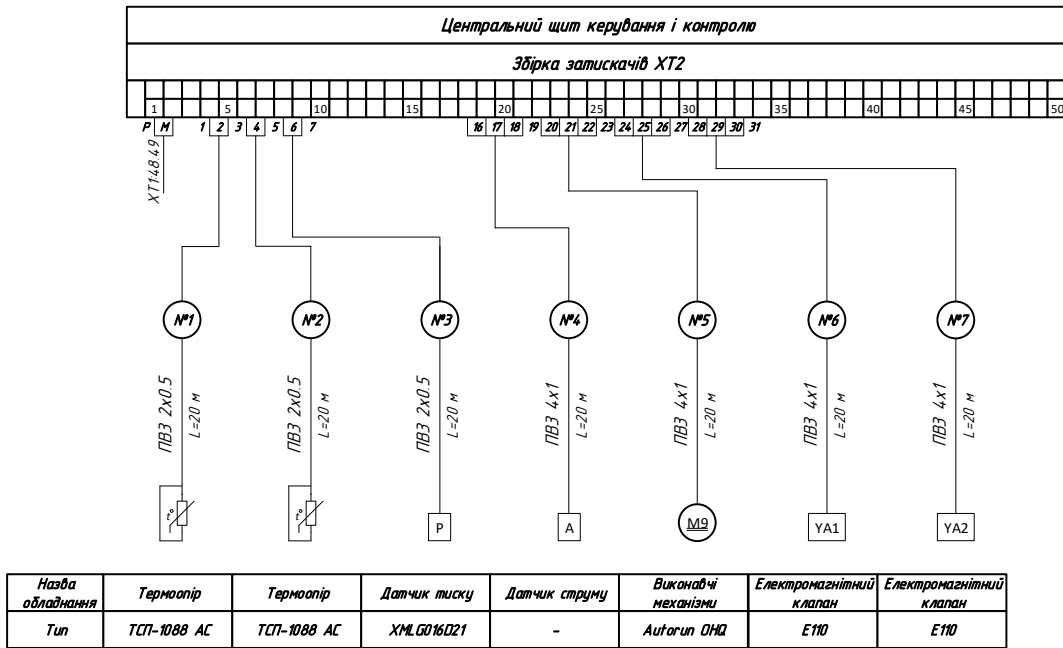
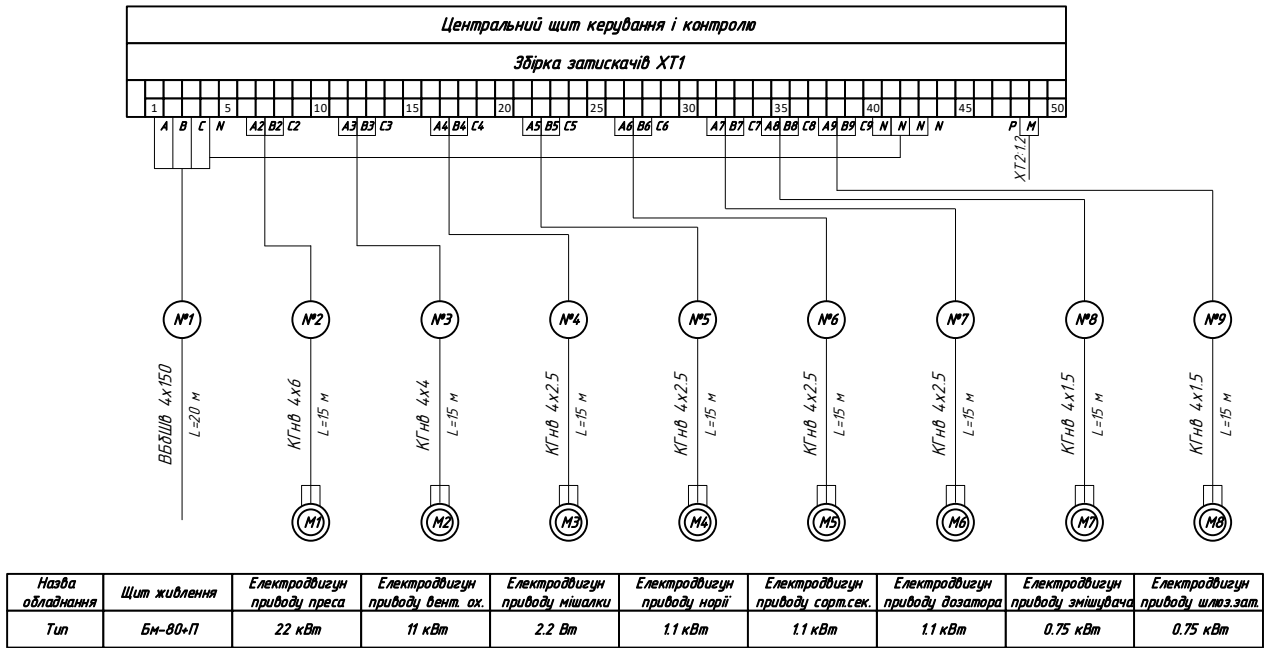


Рисунок 5.23 – Схема підключень САК виробництвом комбікормів

РОЗДІЛ 6.

КОШТОРИСНІ РОЗРАХУНКИ

Основним завданням автоматизації технологічних процесів комбікормових підприємств являється збільшення виробництва продукції, підвищення продуктивності праці (зменшення витрат праці), зменшення енергозатрат та кінцевої вартості продукції, терміну окупності витрат на створення підприємства в цілому.

Для розрахунків використаємо стандартну методику розрахунків терміну окупності, яка була викладена в курсі «Економіка автоматизованих виробництв в АПК» та заносимо формули та результати розрахунків в EXCEL (рис. 6.1-2).

№	Назва обладнання	Тип	Кількість	Ціна/шт	Ціна
1	Автомат захисту двигуна	GV2ME32	1	3201.60	3201.60
2	Автомат захисту двигуна	GV2ME22	1	2583.57	2583.57
3	Автомат захисту двигуна	GV2ME10	1	1675.84	1675.84
4	Автомат захисту двигуна	GV2ME07	3	1675.84	5027.52
5	Автомат захисту двигуна	GV2ME06	2	1675.84	3351.68
6	Вимикач автоматичний	İK60N C 2A	1	421.00	421.00
7	Програмований логічний контролер	ПЛК110-30[M02]	1	10000.00	10000.00
8	Модуль розширення	MB110-224.8A	1	1900.00	1900.00
9	Модуль розширення	МУ110-224.6У	1	4900.00	4900.00
10	Датчик рівня	ДПУ-10	2	6240.00	12480.00
11	Датчик температури	ТСП-1088	2	2150.00	4300.00
12	Датчик тиску	XMLG016D21	1	6054.00	6054.00
13	Датчик струму з вих. 4-20мА	МСQ-71	1	3600.00	3600.00
14	Виконавчий механізм	Autorun OHQ	1	3202.00	3202.00
15	Магнітний пускач	LC1D40AP7	1	4139.51	4139.51
16	Магнітний пускач	LC1D25P7	1	2068.15	2068.15
17	Магнітний пускач	LC1D12P7	3	1162.23	3486.69
18	Блок живлення постійного струму	HDR-30-24	1	760.00	760.00
19	Електромагнітний клапан	E110	2	4736.00	9472.00
20	Проміжні реле	MY4-NS 24V DC	3	112.00	336.00
21	Кнопка з фіксацією "Стоп" червона	XB2-BS542	1	94.00	94.00
22	Кнопка без фіксації "Старт" зелена	XB2-BA31	4	66.70	266.80
23	Перемикач на три положення	K11023NLH	1	1037.00	1037.00
24	Лампа сигнальна червона 220 В	A22-RLF-RT	17	28.00	476.00
25	Лампа сигнальна зелена 24 В	AD22-22DS	4	37.00	148.00
26	Резистор	4K - 0,25W ±1%	2	2.50	5.00
27	Щит керування	ЩЖ1	1	2896.00	2896.00
28	Клемна збірка		2	90.00	180.00
	Всього				88062.36

Рисунок 6.1 – Загальна вартість технічних засобів автоматизації САК
виробництвом комбікормів

Аналізуючи отримані дані (рис. 6.2), бачимо, що прибуток складає 88062 грн., а через 1.37 роки САК виробництвом комбікормів повністю окупається і вже працюватиме на чистий прибуток. Тому робимо висновок, що установка економічно ефективна і використовувати її доцільно.

	Розрахункові значення	Од.	Відповідний коефіцієнт	Значення
1	Загальна вартість технічних засобів автоматизації			88062.36
2	Торгівельно-транспортні витрати		0.11	9686.8596
3	Витрати на монтаж технічних засобів		0.17	14970.6012
4	Витрати на прокладення проводок	150	17.67	2650.5
5	Інші капітальні витрати 2%		0.02	1761.2472
6	Капітальні витрати			117131.568
7	Відрахування на амортизацію		0.15	17569.7352
8	Витрати на поточний ремонт		0.18	21083.6822
9	Витрати на енергоресурси		1.3	2733.12
	потужність автоматизації	1.46		
	кількість годин роботи	1440		
10	Витрати на оплату праці персоналу			86400
	кількість персоналу	2		
	ставка оператора	30		
11	Річні експлуатаційні витрати			127786.537
12	Зведені витрати		0.15	145356.273
13	Чистий прибуток			85233.6
	прибуток за рахунок зменшення персоналу			84153.6
	прибуток за рахунок зменшення браку			1080
	економія за рахунок підвищення якості	0.01%		
14	Термін окупності САК			1.37424171

Рисунок 6.2 – Розрахункова таблиця для знаходження терміну окупності від впровадження САК виробництвом комбікормів

РОЗДІЛ 7.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

1.1. Працівники та посадові особи організації зобов'язані.

1.1. Дотримуватися вимог пожежної безпеки, встановлених Правилами протипожежного захисту та цією інструкцією.

1.2. Дбайливо ставитися до протипожежних засобів та обладнання.

1.3. негайно повідомити керівника організації або безпосереднього керівника про порушення вимог пожежної безпеки.

1.4. Працівники допускаються до роботи на об'єкті тільки після проходження навчання заходів пожежної безпеки. Навчання працівників заходів пожежної безпеки здійснюється шляхом проведення протипожежного інструктажу та проходження пожежно-технічного мінімуму.

1.5. Протипожежний інструктаж проводиться з усіма працівниками організації.

2. Порядок утримання територій, будівель, приміщень, у тому числі евакуаційних шляхів.

2.1. Забороняється використовувати протипожежні відстані між будинками, спорудами та будівлями для складування матеріалів, устаткування і тари, для стоянки транспорту та будівництва (встановлення) будинків і споруд, для розведення вогнищ і спалювання відходів і тари.

2.2. Забороняється використовувати для стоянки автомобілів (приватних автомобілів та автомобілів організацій) розворотні та спеціальні майданчики, призначені для встановлення пожежно-рятувальної техніки.

2.3. Необхідно проводити очищення об'єкта та прилеглої до нього території, зокрема в межах протипожежних відстаней між об'єктами, від горючих відходів, сміття, тари та сухої рослинності.

2.4. Не допускається спалювати відходи і тару в місцях, що знаходяться на відстані менше 50 метрів від об'єктів.

2.5. Забороняється здійснювати зміну об'ємно-планувальних рішень і розміщення інженерних комунікацій та обладнання, внаслідок яких обмежується доступ до вогнегасників, пожежних кранів та інших систем забезпечення пожежної безпеки або зменшується зона дії автоматичних систем протипожежного захисту (автоматичної пожежної сигналізації, стаціонарної автоматичної установки пожежогасіння, системи димовидалення, системи оповіщення та управління евакуацією).

2.6. Забороняється знімати передбачені проєктною документацією двері, що перешкоджають поширенню небезпечних факторів пожежі.

2.7. Забороняється влаштовувати в складських, виробничих і технічних приміщеннях будинків антресолі, конторки та інші вбудовані приміщення з горючих матеріалів і листового металу.

2.8. Пряжки біля віконних прорізів підвальних і цокольних поверхів будинків (споруд) повинні очищатися від сміття і сторонніх предметів.

2.9. Під час експлуатації евакуаційних шляхів і виходів повинно забезпечуватися дотримання проєктних рішень.

2.10. Під час експлуатації евакуаційних шляхів, евакуаційних та аварійних виходів забороняється:

а) улаштовувати на шляхах евакуації пороги (за винятком порогів у дверних прорізах), установлювати розсувні та підйомно-опускні двері й ворота без можливості вручну відчинити їх зсередини та заблокувати у відчиненому стані, двері, що обертаються, та турнікети, а також інші пристрої, які перешкоджають вільній евакуації людей, за відсутності інших (дублювальних) шляхів евакуації або за відсутності технічних рішень, які б давали змогу вручну відчинити та заблокувати у відчиненому стані зазначені пристрої. Допускається на додаток до ручного способу застосування автоматичного або дистанційного способу відкривання та блокування пристроїв;

б) захищувати евакуаційні шляхи та виходи (у тому числі проходи, коридори, тамбури, галереї, ліфтові холи, сходові площадки, марші сходів, двері, евакуаційні люки) різними матеріалами, виробами, обладнанням,

виробничими відходами, сміттям та іншими предметами, а також блокувати двері евакуаційних виходів;

в) улаштувати в тамбурах виходів сушарки та вішалки для одягу, гардероби, а також зберігати (у тому числі тимчасово) інвентар і матеріали;

г) фіксувати самозакривні двері у відкритому положенні, а також знімати їх.

е) замінювати армоване скло звичайним у склінні дверей і фрамуг;

ж) змінювати напрямок відчинення дверей, за винятком дверей, відчинення яких не нормується або до яких ставляться інші вимоги відповідно до нормативно-правових актів.

2.11. Замки на дверях евакуаційних виходів повинні забезпечувати можливість їх вільного відчинення зсередини без ключа.

2.12. При розстановці в приміщеннях технологічного та іншого обладнання повинна забезпечуватися наявність проходів до шляхів евакуації та евакуаційних виходів.

2.13. Забороняється залишати після закінчення робочого часу не знеструмленими електроустановки в приміщеннях, у яких відсутній черговий персонал, за винятком систем протипожежного захисту, а також інших електроустановок та електротехнічних приладів, якщо це обумовлено їхнім функціональним призначенням та (або) передбачено вимогами інструкції з експлуатації.

2.14. Забороняється:

- експлуатувати електропроводи та кабелі з видимими порушеннями ізоляції;
- користуватися електро встановлювальними виробами з пошкодженнями;
- обгортати електролампи і світильники папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, а також експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), передбаченими конструкцією світильника;
- розміщувати (складувати) в електрощитових (біля електрощитів), біля електродвигунів і пускової апаратури горючі (у тому числі легкозаймисті) речовини і матеріали;

- під час проведення аварійних та інших будівельно-монтажних і реставраційних робіт використовувати тимчасову електропроводку, включно з подовжувачами, мережевими фільтрами, не призначеними за своїми характеристиками для живлення електроприладів, що застосовуються.

2.15. Переведення установок пожежної автоматики з автоматичного пуску на ручний забороняється.

2.16. Не допускається встановлювати будь-які пристосування, що перешкоджають нормальному закриванню протипожежних або протидимних дверей (пристроїв).

2.17. Забороняється використовувати для проживання людей складські, виробничі та технічні будівлі і приміщення.

2.18. У пожежовибухонебезпечних ділянках, цехах і приміщеннях повинен застосовуватися інструмент з безіскрових матеріалів або у відповідному вибухобезпечному виконанні.

2.19. Забороняється в складських приміщеннях застосовувати чергове освітлення, використовувати газові плити та електронагрівальні прилади, встановлювати штепсельні розетки.

2.20. Зберігати на складах (у приміщеннях) речовини і матеріали необхідно з урахуванням їхніх пожежонебезпечних фізико-хімічних властивостей (здатність до окиснення, самонагрівання і займання в разі потрапляння вологи, зіткнення з повітрям тощо).

2.21. Відстань від світильників до товарів, що зберігаються, має бути не менше 0,5 метра.

2.22. Забороняється стоянка і ремонт вантажно-розвантажувальних і транспортних засобів у складських приміщеннях і на дебаркадерах.

2.23. Вантажі та матеріали, розвантажені на рампу (платформу), до кінця робочого дня повинні бути прибрані.

2.24. У разі зберігання горючих матеріалів на відкритому майданчику площа однієї секції (штабеля) не повинна перевищувати 300 кв. метрів, а протипожежні відстані між штабелями повинні бути не менше 6 метрів.

2.25. Вбудовувані (прибудовувані) вакуум-насосні та теплогенераторні приміщення для приготування кормів з вогневим підігрівом і приміщення для зберігання запасу грубих кормів у тваринницьких фермах повинні виділятися протипожежними загородженнями з влаштуванням виходів безпосередньо назовні.

2.26. Забороняється зберігання грубих кормів у горищних приміщеннях ферм, якщо:

- а) покрівля ферми виконана з горючих матеріалів;
- б) дерев'яні горищні перекриття з боку горищних приміщень не оброблені вогнезахисними складами;
- в) електропроводка на горищі прокладена без захисту від механічних пошкоджень;
- г) відсутня огорожа димоходів по периметру на відстані 1 метра.

2.27. Пересувні ультрафіолетові установки та їхнє електрообладнання встановлюють на відстані не менше 1 метра від горючих матеріалів. Дроти, що йдуть до ультрафіолетових установок, прокладають на висоті не менш як 2,5 метра від рівня підлоги і на відстані 10 сантиметрів від горючих конструкцій.

2.28. Скирти (копиці), навіси та штабелі грубих кормів розміщуються на відстані не менш як 15 метрів до ліній електропередачі та не менш як 20 метрів - до доріг і не менш як 50 метрів - до будівель, споруд і споруд.

2.29. Майданчики для розміщення скирд (стогів), а також пари скирд (стогів) або штабелів необхідно оборювати по периметру смугою завширшки не менше 4 метрів. Відстань від краю розораної смуги до скирти (стога), розташованої на майданчику, має бути не менш як 15 метрів, а до скирти (стога), що стоїть окремо, - не менш як 5 метрів. Площа основи однієї скирти (стога) не повинна перевищувати 150 кв. метрів, а штабеля пресованого сіна (соломи) - 500 кв. метрів. Протипожежні відстані між окремими штабелями, навісами та скиртами (стогами) мають бути не менше 20 метрів. У разі розміщення штабелів, навісів і скирт (стогів) попарно відстань між штабелями

та навісами слід передбачати не менш як 6 метрів, а між їхніми парами - не менш як 30 метрів. Протипожежні відстані між кварталами скирд і штабелів (у кварталі допускається розміщення не більш як 20 одиниць) мають бути не менш як 100 метрів.

2.30. Керівник організації організовує роботу з контролю температури сіна в скиртах (стогах) і штабелях сіна з підвищеною вологістю.

2.31. Агрегати для приготування трав'яного борошна встановлюють під навісом або в приміщеннях. Конструкції навісів і приміщень із горючих матеріалів обробляються вогнезахисними складами.

2.32. Протипожежні відстані від пункту приготування трав'яного борошна до будівель, споруд, будов і цистерн з паливно-мастильними матеріалами мають бути не менше 50 метрів, а до відкритих складів грубих кормів - не менше 150 метрів. Витратний паливний бак слід встановлювати поза приміщенням агрегату. Паливопроводи повинні мати не менш як 2 вентиля (один - біля агрегату, другий - біля паливного бака).

2.33. Забороняється в разі виявлення горіння продукту в сушильному барабані складати в загальне сховище приготований до пожежі продукт у кількості не менш як останніх 150 кілограмів і перший, отриманий після ліквідації пожежі продукт у кількості не менш як перших 200 кілограмів. Зазначені продукти необхідно складувати окремо і не менше 48 годин здійснювати контроль за їх температурним станом.

2.34. Приготоване і затарене в мішки борошно необхідно витримувати під навісом не менше 48 годин для зниження його температури.

2.35. Зберігання трав'яного борошна необхідно здійснювати окремо від інших речовин і матеріалів в окремому складі або відсіку, що стоїть окремо, виділеному протипожежними стінами і перекриттями, що має витяжну вентиляцію.

2.36. Зберігання борошна здійснюється в окремому складі або відсіку, виділеному протипожежними стінами та перекриттями, що має витяжну вентиляцію. Борошно зберігається окремо від інших речовин і матеріалів.

Попадання вологи в приміщення складу не допускається. Забороняється зберігати борошно навалом.

2.37. Мішки з борошном повинні складатися в штабелі заввишки не більш як 2 метри по 2 в ряду. Проходи між рядами повинні бути завширшки не менш як 1 метр, а вздовж стін - 0,8 метра.

2.38. Керівник організації з метою запобігання самозаймання забезпечує контроль температури вітамінно-трав'яного борошна, що зберігається.

2.39. Транспортні засоби під час під'їзду до скирд (шох), штабелів і навісів, де зберігаються грубі корми та волокнисті матеріали, мають бути звернені стороною, протилежною до напрямку виходу відпрацьованих газів із випускних систем двигунів, мати справні іскрогасники та зупинятися від скирд (шох) на відстані не менше ніж 3 метри.

3. Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів під час експлуатації обладнання та виконання пожежонебезпечних робіт.

3.1. Під час експлуатації систем вентиляції та кондиціонування повітря забороняється:

- а) залишати двері вентиляційних камер відкритими;
- б) закривати витяжні канали, отвори і решітки;
- в) підключати до повітропроводів газові опалювальні прилади;
- г) випалювати жирові відкладення, пил та інші горючі речовини, що скупчилися в повітропроводах.

3.2. Для миття та знежирення устаткування, виробів і деталей застосовуються негорючі технічні мийні засоби, за винятком випадків, коли за умовами технологічного процесу для миття та знежирення устаткування, виробів і деталей передбачено застосування легкозаймистих і горючих рідин.

3.3 Забороняється проводити відігрівання замерзлих труб паяльними лампами та іншими способами із застосуванням відкритого вогню.

3.4 Під час виконання планового ремонту або профілактичного огляду технологічного обладнання забезпечується дотримання необхідних заходів пожежної безпеки.

4. Порядок огляду та закриття приміщень після закінчення роботи.

4.1. Обладнання складських, виробничих та інших приміщень після закінчення робочого дня повинно знеструмлюватися. Апарати, призначені для вимкнення електропостачання складських приміщень, повинні розташовуватися поза складським приміщенням на стіні з негорючих матеріалів або окремій опорі.

4.2 Провести огляд приміщень, обладнання щодо відсутності джерел загоряння, захаращення виходів.

4.3 Закрити вікна, двері, ворота.

5. Розташування місць для паління, застосування відкритого вогню, проїзду транспорту та проведення вогневих або інших пожежонебезпечних робіт, у тому числі тимчасових.

5.1. На об'єкті повинно забезпечуватися виконання вимог, передбачених законом про заборону паління. Забороняється куріння на робочих місцях, у складських і виробничих приміщеннях, на території складування. На зазначених територіях розміщуються знаки пожежної безпеки "Куріння тютюну та користування відкритим вогнем заборонено". Місця, спеціально відведені для куріння тютюну, позначаються знаками "Місце для куріння".

5.2. На проведення тимчасових монтажних і ремонтних вогневих робіт (вогневий розігрів бітуму, газо- і електрозварювальні роботи, газо- і електрорізальні роботи, бензино- і гасорізальні роботи, паяльні роботи, різання металу механізованим інструментом) у приміщеннях керівником організації або особою, відповідальною за пожежну безпеку, оформлюється наряд-допуск на виконання вогневих робіт за формою.

б. Особи, відповідальні за забезпечення пожежної безпеки.

6.1 Відповідальні за пожежну безпеку приміщень (азначається посада, ПБ) відповідають за:

- Проведення та оформлення протипожежних інструктажів (наприклад: первинний, повторний, позаплановий, цільовий інструктажі) з працівниками структурного підрозділу організації;
- Розробку та підготовку проєктів локальних нормативних актів організації в галузі пожежної безпеки для структурного підрозділу (інструкцій);
- Періодичні огляди шляхів евакуації, евакуаційних та аварійних виходів у приміщеннях структурного підрозділу (не менше 3-х разів на день);
- Своєчасне інформування керівника та відповідального за ПБ в організації про виявлені порушення вимог пожежної безпеки;
- Припинення порушень вимог пожежної безпеки, що допускаються працівниками (паління у невстановлених місцях, використання відкритого вогню, захаращення шляхів евакуації тощо) у приміщеннях структурного підрозділу;
- Огляд і закриття приміщень структурного підрозділу після закінчення робочого дня (закриття вікон і дверей, знеструмлення електрообладнання, вимкнення вентиляції тощо);
- Забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів під час експлуатації обладнання та виконання пожежонебезпечних робіт;
- Дотримання порядку зберігання і транспортування пожежовибухонебезпечних речовин і небезпечних речовин і матеріалів;
- Дотримання і контроль за порядком паління, застосування відкритого вогню, проїзду транспорту і проведення вогневих або інших пожежонебезпечних робіт, у тому числі тимчасових;
- Дотримання порядку збирання, зберігання та видалення горючих речовин і матеріалів, утримання та зберігання спецодягу;
- Дотримання допустимої кількості сировини, напівфабрикатів і готової продукції, що одноразово перебувають у приміщеннях;
- Дотримання порядку і періодичності прибирання горючих відходів і пилу, зберігання промасленого спецодягу.

ВИСНОВКИ

Розроблено систему автоматичного керування виробництвом комбікормів із використанням комплексу технічних засобів фірми ОВЕН. Для її побудови використано сучасне технічне забезпечення провідної фірми ОВЕН. В якості регулятора обрано програмований логічний контролер ПЛК110-30, який програмно реалізує ПІД алгоритм керування. В проекті проведено дослідження об'єкту керування та отримано динамічну математичну модель температури сировини в камері подачі на прес-гранулятор, яка дозволила отримати передатну функцію об'єкта керування. Обрано комплекс технічних засобів для керування процесом запарювання сировини в подавачі до пресу-грануляторі. Проведений аналіз системи автоматичного керування показав, що час регулювання 60 секунд; коливальність 0; статична похибка 0; тобто відсутні помилки регулювання та перерегулювання. Реалізовано СКАДА систему для керування виробництвом комбікормів з використанням програми Трейс Моуд 6.

Для розробленої системи автоматичного керування виробництвом комбікормів проведено техніко-економічне обґрунтування, в результаті якого визначено, що через 1.37 роки установка повністю окупається і вже працюватиме на чистий прибуток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація теплоенергетичних установок : навч. посібник / Ю. М. Голдобін, Е. Ю. Павлюк. – Харків : НТУ ХПІ, 2017. – 186 с.
2. Варфоломєєв Ю. М. Опалення і теплові мережі / Ю. М. Варфоломєєв, О. Я. Кокорін. Київ : Інфра, 2010. – 480 с.
3. Гірник М. А. Механізація і автоматизація післязбиральної обробки зерна. - К.: Урожай, 1990. – 190с.
4. ГОСТ 22834-87. Комбікорми гранульовані. Загальні технічні умови. – [Дата введення 1988-07-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2002. – 4 с.
5. ГОСТ 28497-90. Комбікорми, сировина гранульовані. Методи визначення кришимості. – [Дата введення 1991-01-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 4 с
6. ДСТУ 46.007-2000. Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання для приготування кормів: Методи функціональних випробувань. – [Чинний від 2001.01.01] – К. : Мінагрополітики України, 2000. – III, 74 с. – (Галузевий стандарт України).
7. ДСТУ 4877:2007. Корми подрібнені стеблові. Показники фракційного складу та методи визначення. – [Чинний від 2009-07-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 9 с.
8. Діордієв В.Т. АСУТП малогабаритних комбікормових установок // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К: 2000. - Ч.5. - С. 84-87.
9. Діордієв В.Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК: Навчальний посібник / М-во освіти і науки України. – Сімферополь., 2003. – 138 с.
10. Діордієв 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.
11. Єгоров Б.В., Воєцька О.Є., Сучасні тенденції виробництва комбікормів для свиней. Наук. праці ОНАХТ. 2011. Вип. 40, Том. 1. С. 76-80.
12. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів / В. Лисенко, Є. Чернищенко, В. Решетюк, В. Мірошник, Н. Заєць, І. Цигульов – К.:Аграр Медіа Груп, 2016. – 476 с.
13. Календрузь І., Бурилко А. Екструдери для зерна. Пропозиція. 2010. № 12. С. 100-103.
14. Комбікорми, кормові домішки та ЗЦМ для тварин (склад і застосування). Довідник / В.А. Крохіна, А.П. Калашніков, В.И. Фісинін та ін. / Під ред. В.А. Крохіної. - К.: Урожай, 2000. – 304 с.
15. Кондратюк Д.Г., Дмитренко В.П., Волошиненко В.М. Математична модель динаміки: середовище – пружний шнек екструдера. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Технічні науки. Вінниця, 2016. Вип. 1(93). С.43-47.

16. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. - Тернопіль: Підручники & посібники, 2001. – 977с.
17. Лисенко В.П., Решетюк В.М., Цигульов І.Т. Основи автоматики: теорія і практика (ч.1). Видання 2-е, перероблене і доповнене. / Лисенко В.П., Решетюк В.М., Цигульов І.Т. – К.: Освіта України, 2013. – 720 с.
18. Лисенко В.П. Наукові основи керування електротехнічними комплексами для виробництва сільськогосподарської продукції. - Дисертація д-ра техн. наук: 05.09.03, Кабінет Міністрів України, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. - Київ, 2014.- 370 с.
19. Машина і обладнання для виробництва комбікормів: посібник / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.А. Бортнік, Ю.А. Пономаренко. – К.: Екоперспектива, 2005. – 487 с.
20. Методичні рекомендації з технології заготівлі гранульованих і брикетованих кормів з цільних рослин зернофуражних культур / В.А. Божко, Б.Л. Білик, А.Н. Бальмич, В.Т. Шумський; Західне відділення УНІИМЕСХ. – Львів : Облполіграфіздат, 2004. – 24 с.
21. Навчальне видання: Методичні вказівки щодо оформлення матеріалів курсової роботи з дисциплін: "Проектування систем автоматики", "Проектування систем електрифікації, автоматизації та енергопостачання АПК", "Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК" / В.П. Лисенко, І.М. Болбот, О.І. Задорожній. – Київ, Видавничий центр НАУ, 2007. – 48 с.
22. Лисенко В.П., Решетюк В.М., Цигульов І.Т. Основи автоматики: теорія і практика (ч.1). Видання 2-е, перероблене і доповнене. / Лисенко В.П., Решетюк В.М., Цигульов І.Т. – К.: Освіта України, 2013. – 720 с.
23. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання: Навчальний посібник / І.М. Голодний, Ю.М. Лавріненко, М.В. Синявський, В.В. Козирський, Л.С. Червінський, В.М. Решетюк, В.В. Савченко; За ред. І.М. Голодного. – 2-е вид., доп. і перероб. – К.: Аграр Медіа Груп, 2012. – 513с.: іл.
24. Фурман І.О. Програмовані логічні контролери: Підручник для ВНЗ / М-во освіти і науки України. - К., 2003. - 214 с.
25. Електротехнічний довідник / Алієв І.І., - К.: Видавництво ІП РадіоСофт, 2006. – 384 с.
26. Гранулювання. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гранулювання>
27. Каталог електродвигунів серії АІР [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://air.com.ua/katalog_elektrovdigatelei_air/
28. Правила гранулювання біомаси: поради початківцям. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://artmash.ua/article/pravila-granulirovaniya-biomasy-poleznye-sovety-novichkam>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Технічні характеристики прес-гранулятора ОГМ-1.5А

Найменування параметра	Значення параметра
Марка	ОГМ-1,5А
Тип	стаціонарна
Продуктивність за годину чистої роботи, кг/год. - на соломі, якщо діаметр гранул 10мм діаметр гранул 14 мм - на комбікормі, якщо діаметр гранул 3,2мм діаметр гранул 4,8мм діаметр гранул 7,5мм діаметр гранул 10,0мм	1000...1200 1200...1300 до 1500 до 3000 до 5000 до 6000
Маса, кг	5400
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота (без вихлопних труб)	5385 4400 6935
Діаметр радіальних отворів матриць, що поставляються із обладнанням, мм	8,0
Привод	електричний
Енергетичні показники	
Сумарна встановлена потужність електродвигунів, кВт, не більше	95
Струм	змінний
Частота струму, Гц	50
Напруга живлення, В	трифазна, 380
Допустиме відхилення напруги живлення від номінального, %	від -7,5 до +10

Силове електрообладнання прес-гранулятора ОГМ-1.5А

№	Тип електродвигуна, редуктора	Місце встановлення
1	Електродвигун 75кВт/1500 об/хв., 3х380В	привод преса
2	Електродвигун 11кВт/3000 об/хв., 3х380В	привод вентилятора охолоджувача
3	Електродвигун 2,2 кВт/1500 об/хв., 3х380В	привод мішалки
4	Електродвигун 1,1 кВт/1000 об/хв., 3х380В	привід норії
5	Електродвигун 1,1 кВт/1000 об/хв., 3х380В	привід сортувальної секції
6	Електродвигун 1,1 кВт/1000 об/хв., 3х380В	привід дозатора
7	Електродвигун 0,75 кВт/1500 об/хв., 3х380В	привід зворощувача
8	Електродвигун 0,75 кВт/1500 об/хв., 3х380В	привід шлюзового затвору циклону