

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НИІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 636.5252/58:62 503.51

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва ННІ)

В.В. Каплун

(підпис)

(ПШ)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри автоматики
та робототехнічних систем

ім. акад. Г.Г. Мартиненка

(назва кафедри)

В.П. Лисенко

(підпис)

(ПШ)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06.-КМР.323"С".2023.03.06.001.ПЗ

на тему «**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
ВИРОБНИЦТВОМ КОМБІКОРМІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОБЕД**»

Спеціальність: 151- «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр / назва)

Освітньо-професійна програма:

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва)

Гарант освітньої програми

Виконав

Керівник магістерської роботи

(підпис)

І.М. Болбот, д.т.н. професор

(П.І.Б., науковий ступінь та вчене звання)

О.В. Банга

(П.І.Б. студента)

Н.А. Заєць, д.т.н. професор

(П.І.Б., науковий ступінь та вчене звання)

КИЇВ-2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. І.І. Мартиненка

В.П. Лисенко

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
(бакалаврської, дипломної)

Банзі Олексію Володимировичу

(прізвище/ім'я по-батькові)

Спеціальність: 151- «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Тема магістерської роботи «**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ КОМБІКОРМІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОВЕН**».

затверджена наказом від 06.03.2023 року №323 «С»

Термін подання студентом магістерської роботи 03.11.2023 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 «07» березня 2023 року

Керівник магістерської роботи

Завдання прийняв до виконання

Заєць Н.А.

(Прізвище та ініціали)

Банга О.В.

(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

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

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

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

НУБІП України

поживністю корми і, зокрема – комбікорми. Це підтверджує багаторічна практика годівлі сільськогосподарських тварин, яка показала, що поживні

НУБІП України

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-

НУБІП України

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

НУБІП України

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

НУБІП України

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

НУБІП України

різко зросла. Тому для невеликих фермерських і приватних господарств придбання комбікормів і їх транспортування від спеціалізованих підприємств

до місць споживання вимагає великих витрат, внаслідок чого їх вартість

виходить досить високою.

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

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

Для реалізації переваг приготування комбікормів власними силами господарства потрібні прості в експлуатації, надійні та порівняно дешеві розмільно-дозуюче-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 згодуванням тваринам є його гранулювання і екструзування. В основі цього процесу лежить:

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

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

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 повнораціонного 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 заміниви молока.

Повнораціонні комбікорми повинні мілком 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

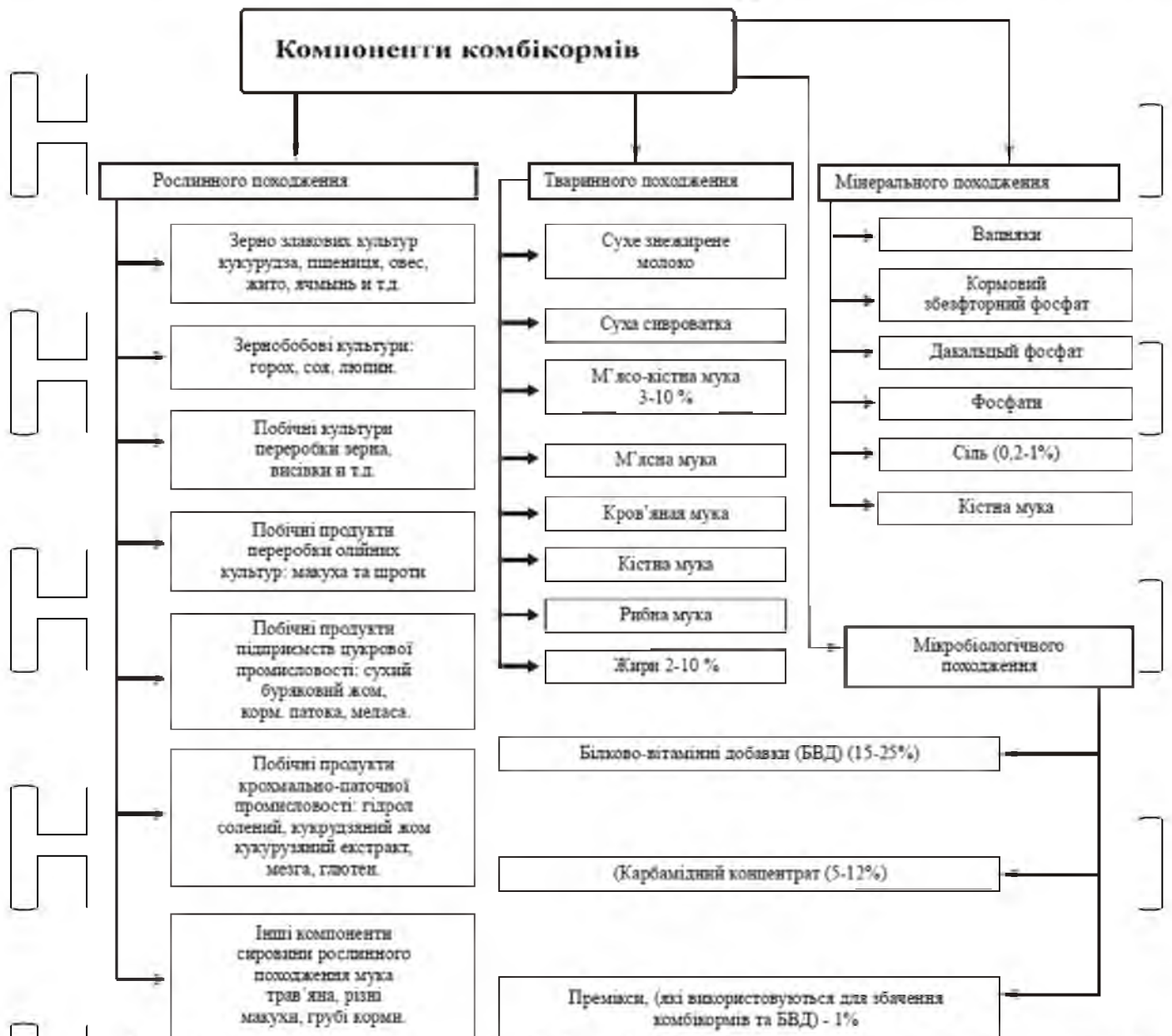


Рисунок 1.1 – Структура компонентів комбікормів

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 крахмалопаточкової промисловостей: висівки, різноманітні кормові мучки, барда, пивна шротина, шроти, макуха, кормова патока, бурячний стіт, картопля сушена і т.п.

До компонентів технічної переробки тварин відносять продукти переробки молока (молочні відвійки, сиворотка, замітник сухого молока), кормові продукти м'ясокомбінатів (кров'яно-кісткова, м'ясна, м'ясо-кісткова і пір'яна мука), кормові продукти рибопереробної промисловості. Всі ці компоненти використовують у вигляді 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 моллюсків, 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

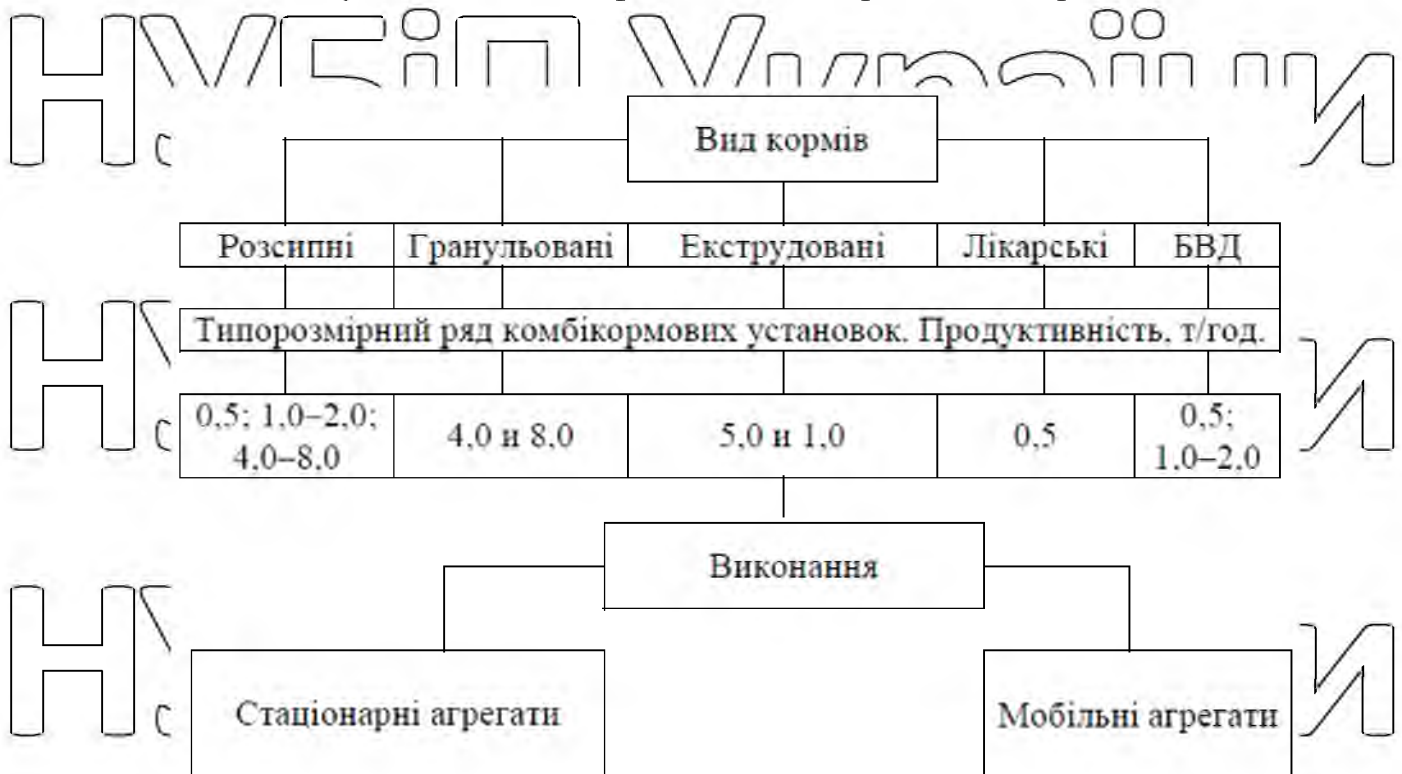


Рисунок 1.3 – Класифікація машин для виробництва комбікормів

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 вибирати окремі компоненти корму і карчується 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 розсортування 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 помірною 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

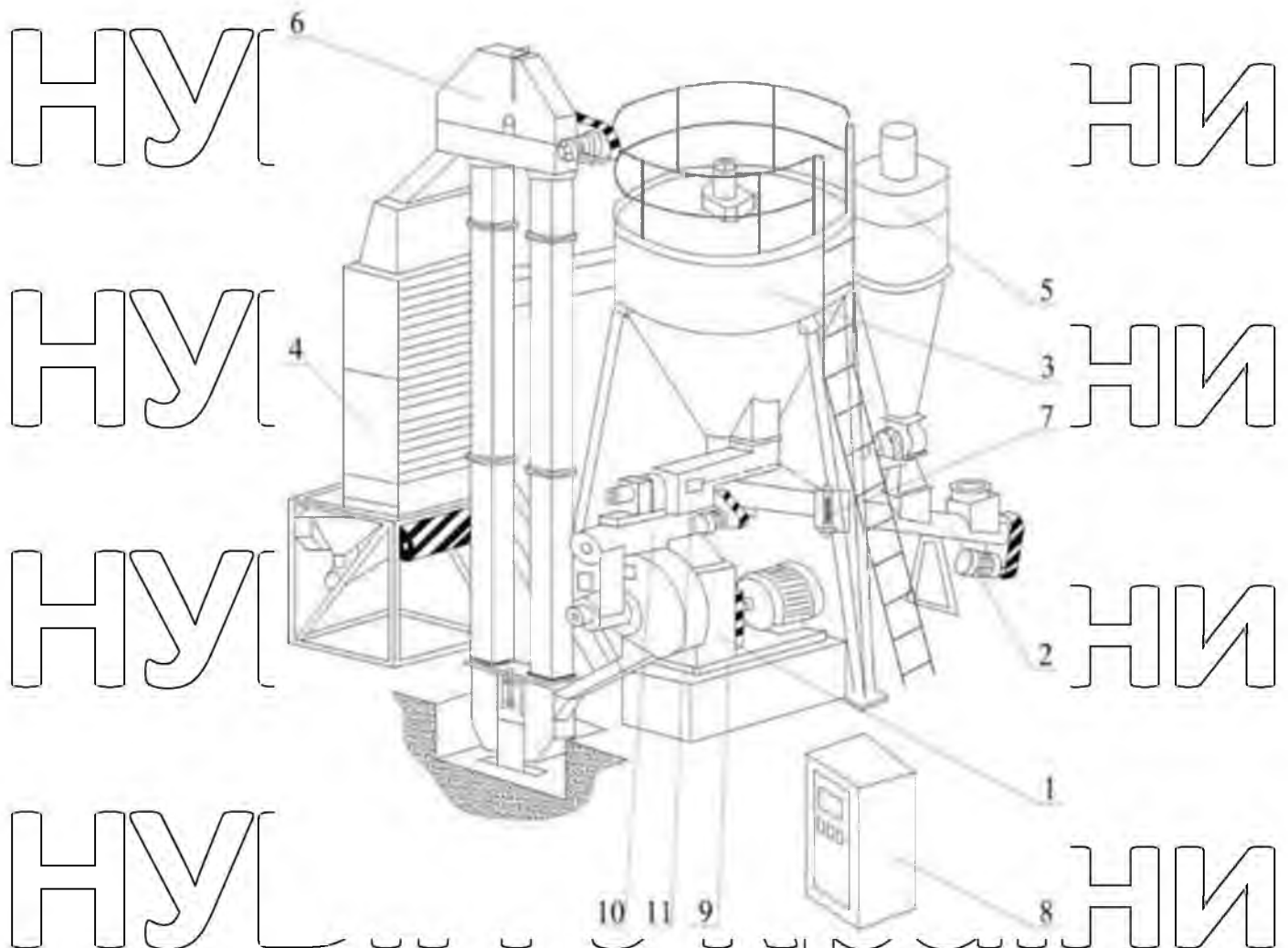


Рисунок 1.6 – Лінія виробництва гранульованого комбікорму

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 зволежується до рівня вологості, необхідного для процесу гранулювання, та інтенсивно переміщується. Зволоження сировини допомагає утворювати міцні гранули.

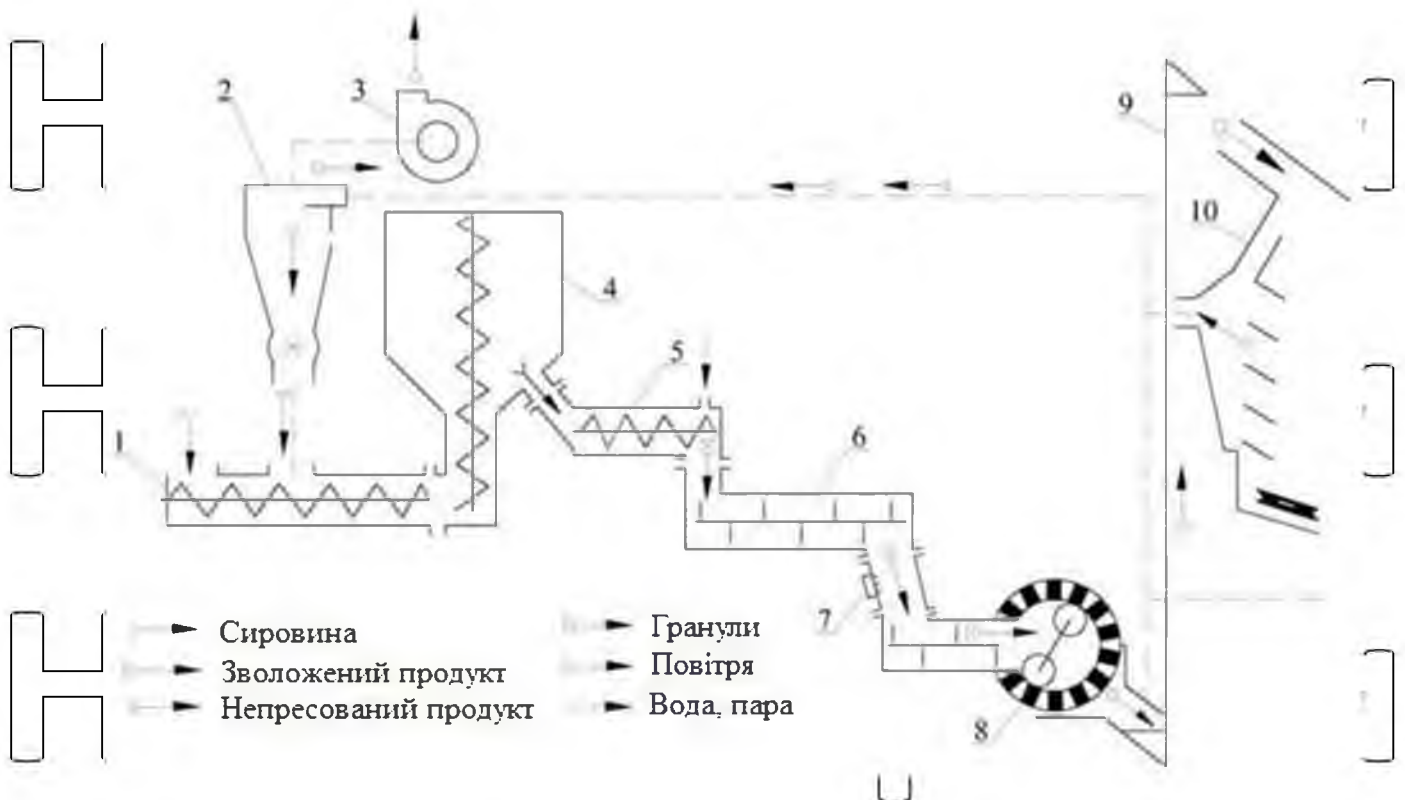


Рисунок 1.7 – Технологічна схема виробництва гранульованих

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 спрямовується 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 вивалюються із отворів, настигають на нерухогий ніж 3 і відрізаються. Обертанням ножа на вісі можна регулювати довжину обрізання гранул. Відрізані сформовані гранули потрапляють вниз і через кожух виводяться з преса в охолоджувач-сортувальник.

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

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

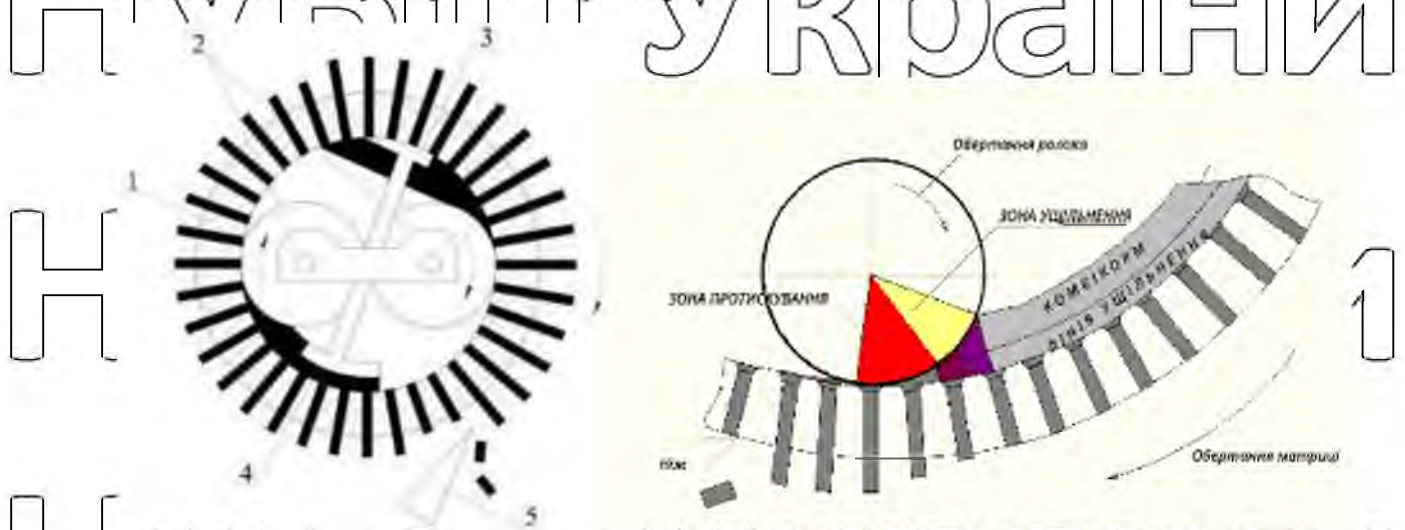


Рисунок 1.8 – Матриця для формування гранул агрегату OGM-LSA: 1 – матриця; 2 – ролери; 3 – трикутна лопать;

4 – прямокутна лопать; 5 – ніж-відокремлювач

Гранули на виході з пресу є крихкими і гарячими, тому вони за допомогою норі 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 відбувається фізико-хімічні зміни, внаслідок чого формується їх міцність, температура і вологість.

В охолоджувачі-сортувальнику також здійснюється сортування – відокремлення кондичійних гранул від крихти. Гранули вивантажуються через горловину, а циклон 2 всмоктує крихту 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 паром 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 $I_{де}$ (рис. 1.9), а кількість пари, яка подається в гранульовану сировину, визначається температурою підготованої 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 .

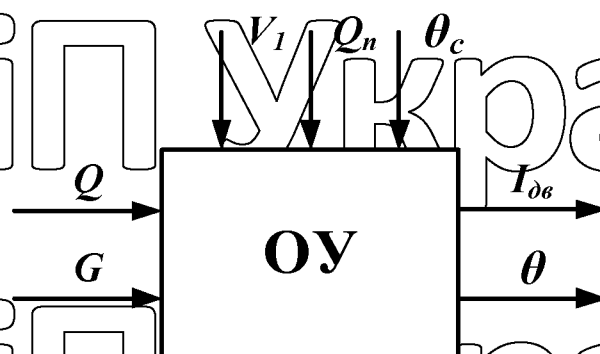


Рисунок 1.9 – Гранулятор як об'єкт управління

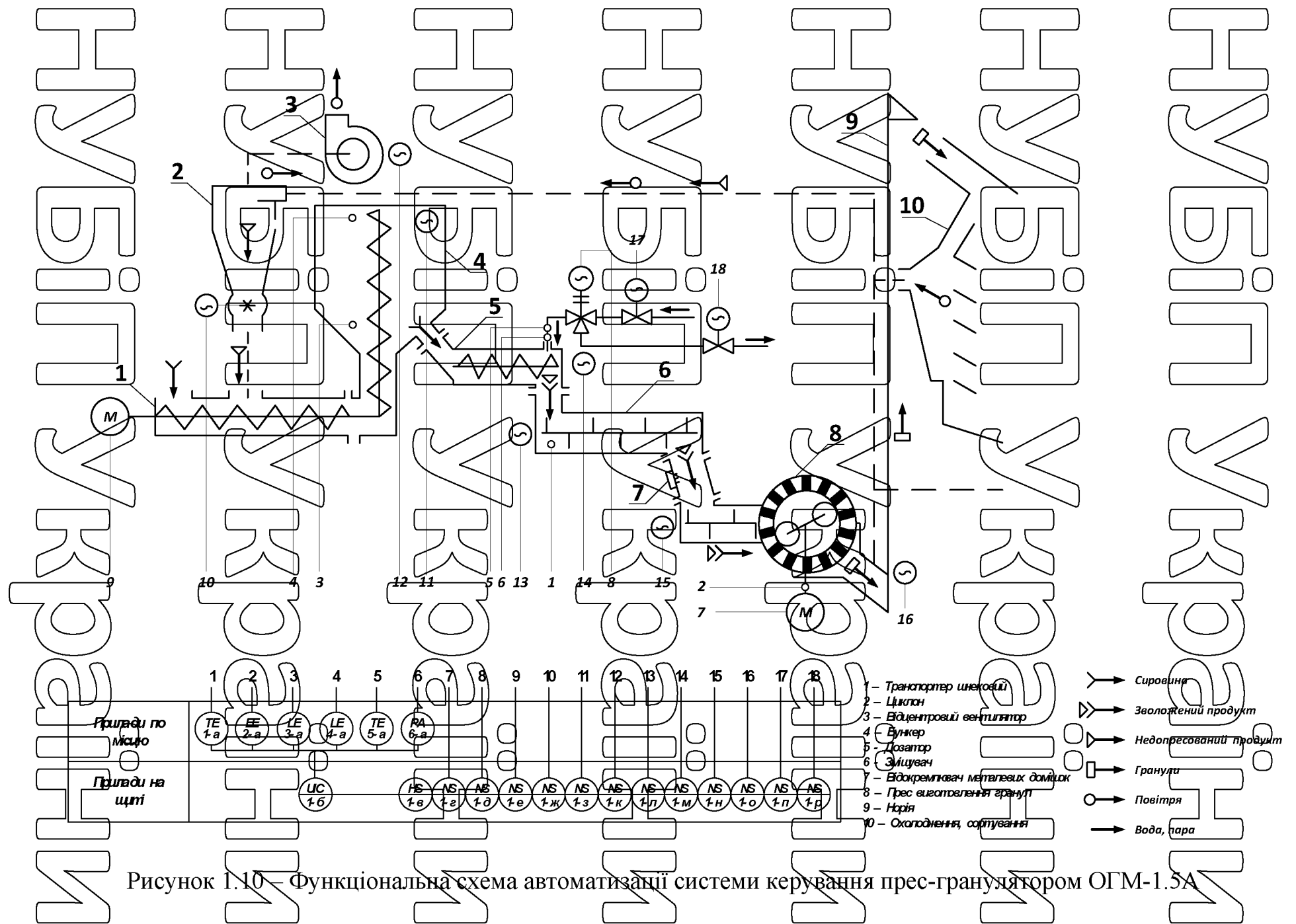


Рисунок 1.10 – Функціональна схема автоматизації системи керування прес-гранулятором OGM-1.5A

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 диференціальних 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:

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

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

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:

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

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

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_{vt} – 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_{pc} – коефіцієнт тепловіддачі від стінки гранулятора до зовнішнього повітря;

λ_t – коефіцієнт теплопровідності сталі труб;

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 паром 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 $\lambda_t = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$.

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

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

Значення коефіцієнтів тепловіддачі відповідно дорівнюють:

$$\alpha_{\text{vt}} = 1000 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}); \quad \alpha_{\text{vt}} = 15 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С});$$

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

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

Теплоємність повітря $C_p = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{С})$.

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

Теплоємність пари $C_v = 4174 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{С})$.

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

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 $t_p = 85^\circ\text{С}$, 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.

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{0,002}{50} + \frac{1}{15}} = 11,84 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{С}}$$

НУБІП України

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

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

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

із поверхнею теплообміну

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

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

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

Об'єм прес-гранулятора складає $V_p = 16\text{м}^3$.

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

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

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

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 насоса, 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 дані може бути використана при моделюванні управління об'єктом, введемо його за допомогою блоку **Step**. Розрахований час записнення t_{01} введемо на канал 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 **Stop time**.

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

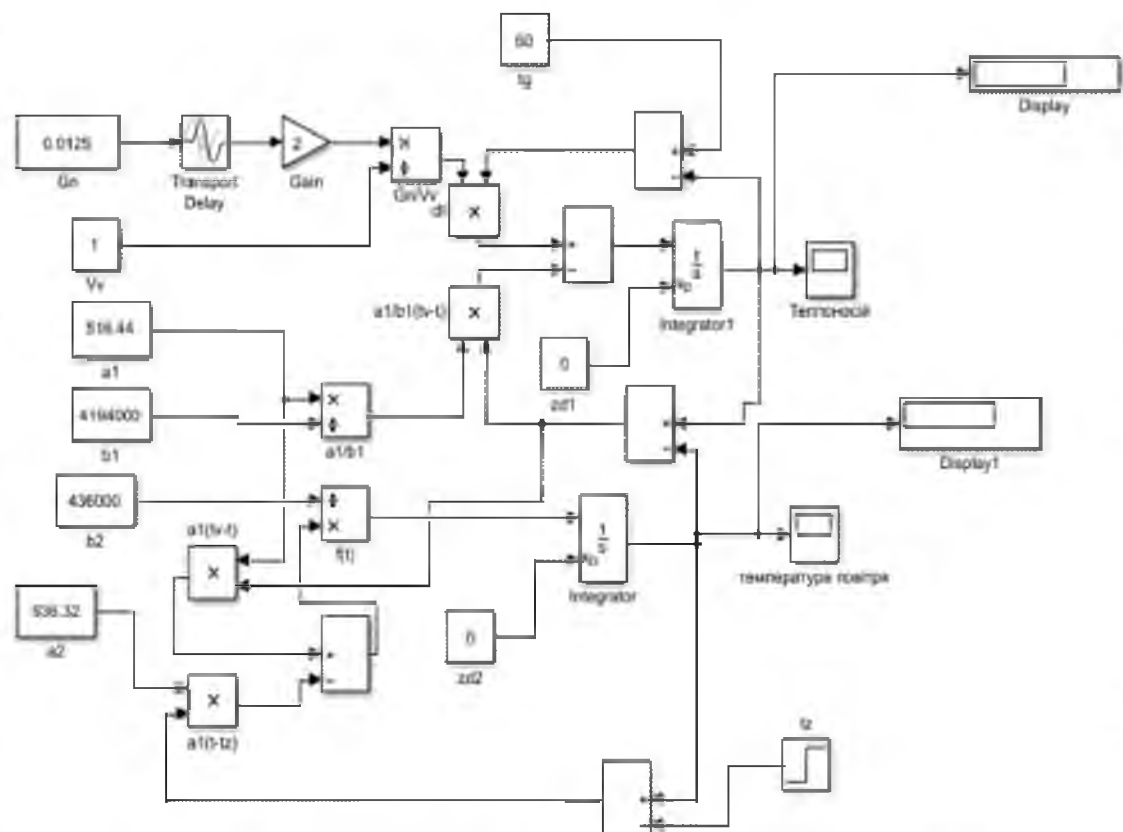


Рисунок 2.1. Блочна імітаційна модель температурного режиму в прес-грануляторі у пакеті MatLab Simulink

Дослідження побудованої імітаційної моделі показали, що для досягнення температури гранульованої суміші на рівні 84.9°C температура перегрітої пари повинна дорівнювати 120°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.

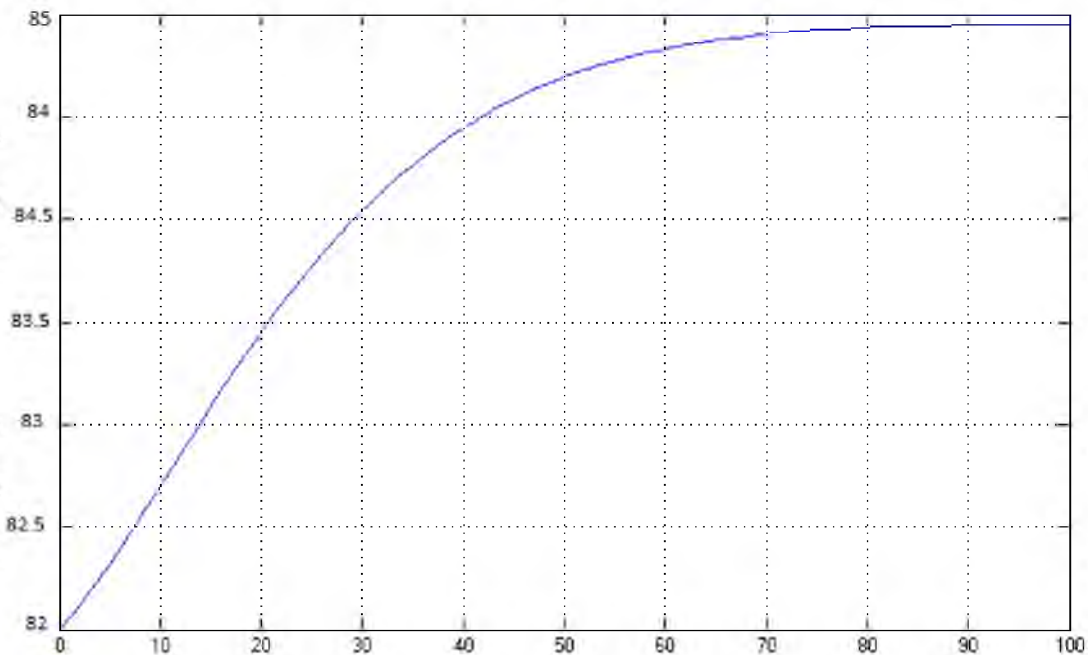


Рисунок 2.2 – Розгінна характеристика прес-гранулятора для каналу керування

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

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

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 проноормована 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

t, c	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\theta, ^\circ C$	82	82,91	82,72	83,11	83,44	83,76	84,07	84,26	84,47	84,62	84,71
$h(t)$	0	0,101	0,234	0,368	0,484	0,584	0,685	0,751	0,818	0,869	0,908
t, c	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	-
$\theta, ^\circ C$	84,76	84,81	84,86	84,88	84,91	84,92	84,93	84,94	84,94	84,94	-
$h(t)$	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

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

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: коефіцієнти передатної функції (2.15) визначають як

$$b=0 \quad a_1 = F_1; \quad a_0 = F_2 \quad (2.19)$$

розраховують і заносять у таблицю значення величин

$$b \neq 0 \quad 1 - 2\lambda(i) + \frac{\lambda^2(i)}{2} \quad \text{та} \quad [1 - h(i)][1 - 2\lambda(i) + \frac{\lambda^2(i)}{2}] \quad (2.20)$$

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 вищезазваних 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 $h_d(t)$. Крім того, визначають похибку апроксимації за виразом (2.23), і у випадку

недостатньої точності апроксимації зменшують значення Δ , 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

SIMULINK, розроблене співробітниками кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мариненка, визначимо передавну функцію преє-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 будемо обидві розглянуті характеристики (рис. 2.3) і оцінимо похибку апроксимації. Бачимо, що криві майже повністю співпадають, похибка не перевищує 5%.

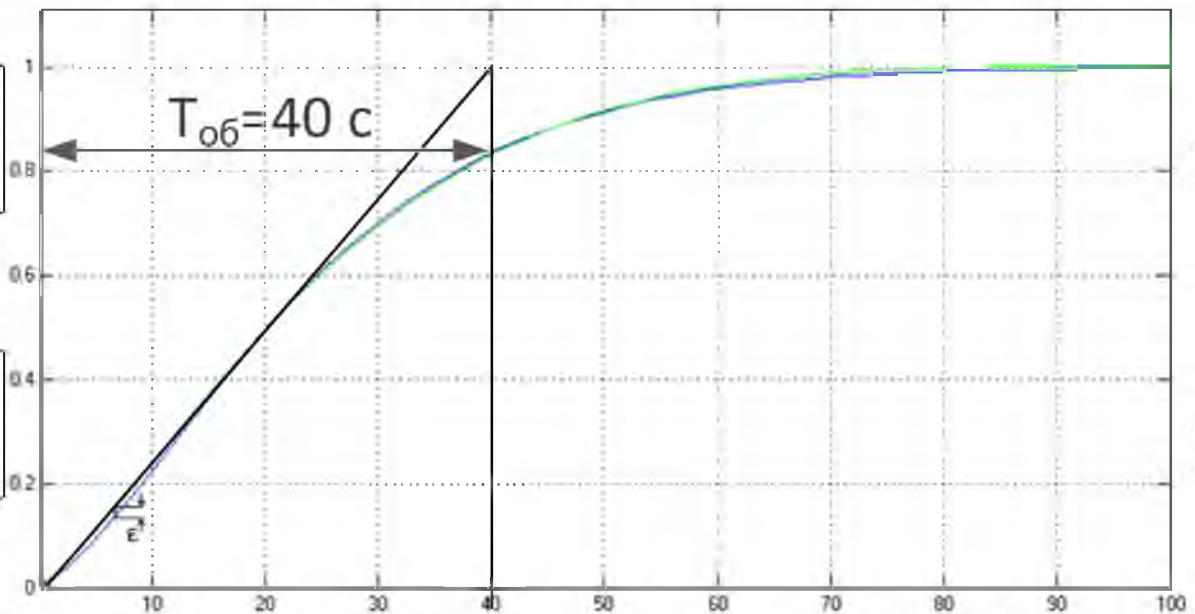


Рисунок 2.3 – Оцінка похибки апроксимації при визначенні передавної функції об'єкта керування

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 виробництва некондиційного комбікорму). Підтримання заданих параметрів температури сировини для виробництва гранул комбікорму можливо тільки при використанні ПІД-регулятора.

Для реалізації ПІД 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 MU110-224.6Y (рис. 3.4).



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд ПЛК 110-30 фірми ОВЕН

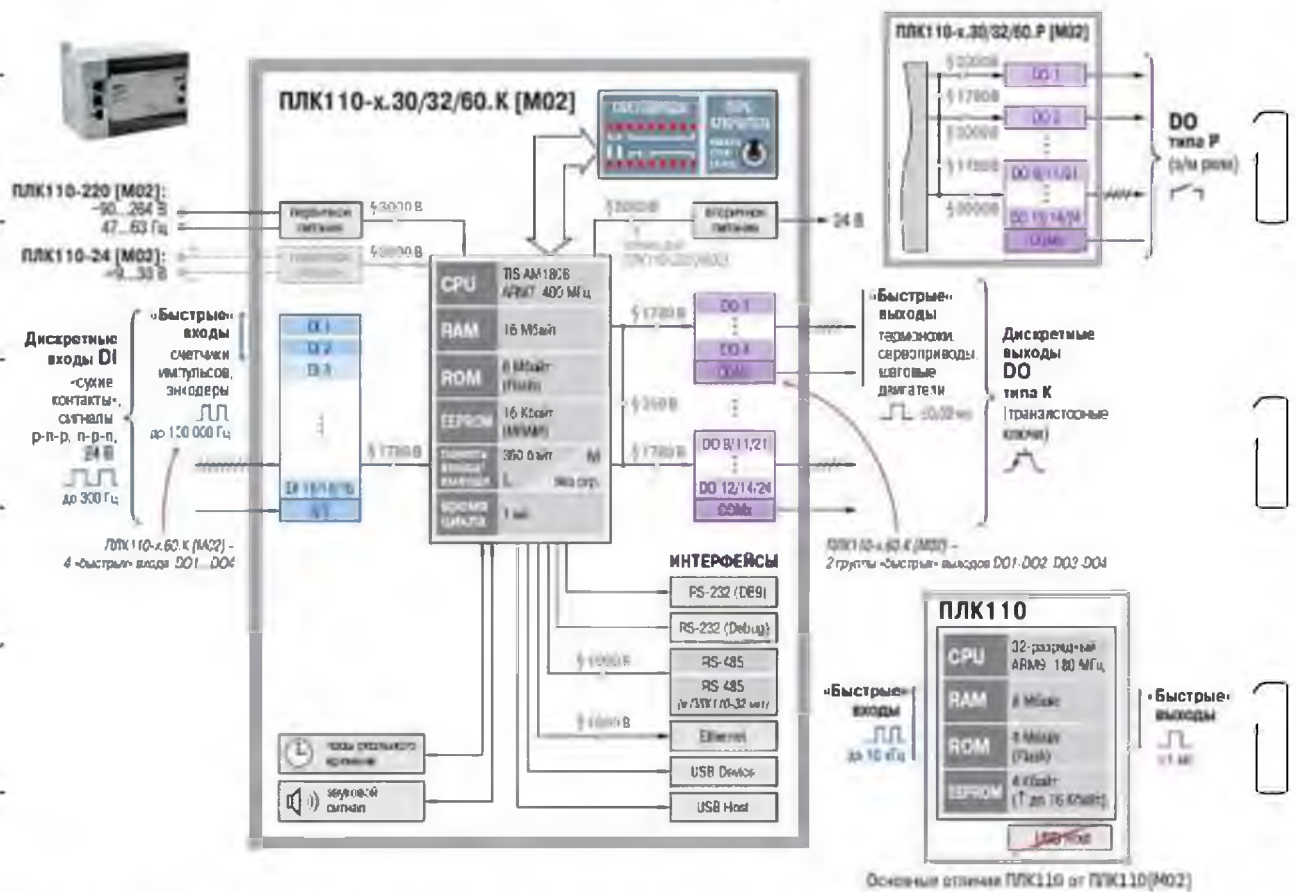


Рисунок 3.2 – Структурна схема підключень ПЛК110-30 фірми ОВЕН

НУБІП України



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



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд модуля MU110-224.6U 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 контролюваної 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) $W_{ob}(s) = \frac{2.94}{40 \cdot s + 1}$ 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:

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

де k_{ce} – коефіцієнт передачі сприймаючого елемента;

T_d – час термічної реакції, с.

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

отримаємо:

$$W_c(p) = \frac{0.55}{5p + 1} \quad (3.2)$$

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 погрібну 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: $M_n > M_z$.

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 Autogun ОНУ (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 отвір 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

$$W_{серв}(s) = \frac{1,56}{s}$$



Рисунок 3.6 – Загальний вид триходового клапану у вибухозахищеному

виконанні обладнаний електричним приводом фірми Ashоlup ОНС

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

$$W_{вм}(s) = \frac{W_{серв}(s)}{1 + W_{серв}(s)} = \frac{\frac{1,56}{s}}{1 + \frac{1,56}{s}} = \frac{1,56}{s + 1,56} = \frac{1}{s + 1,56} = \frac{1}{0,54 \cdot s + 1}$$

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.

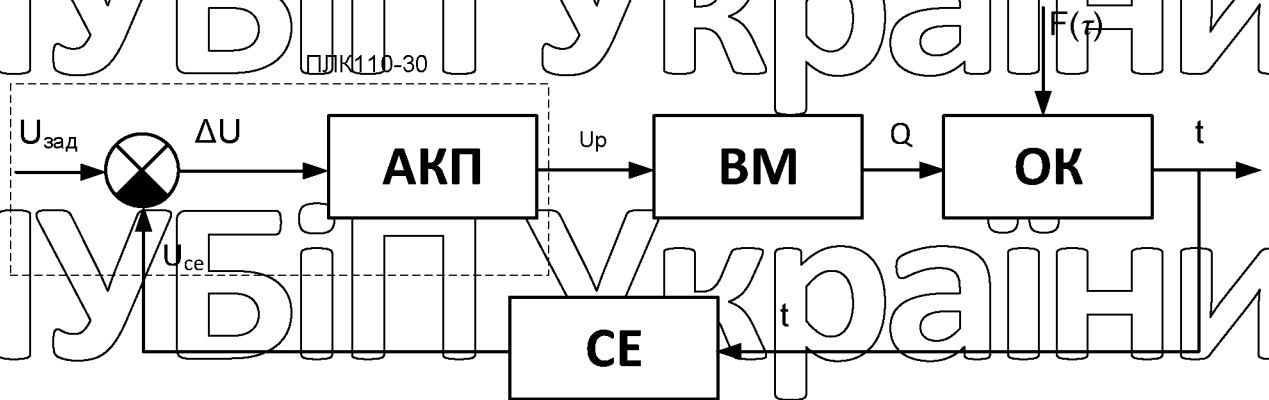


Рисунок 3.7 – Структурно-функціональна схема САК прес-гранулятора

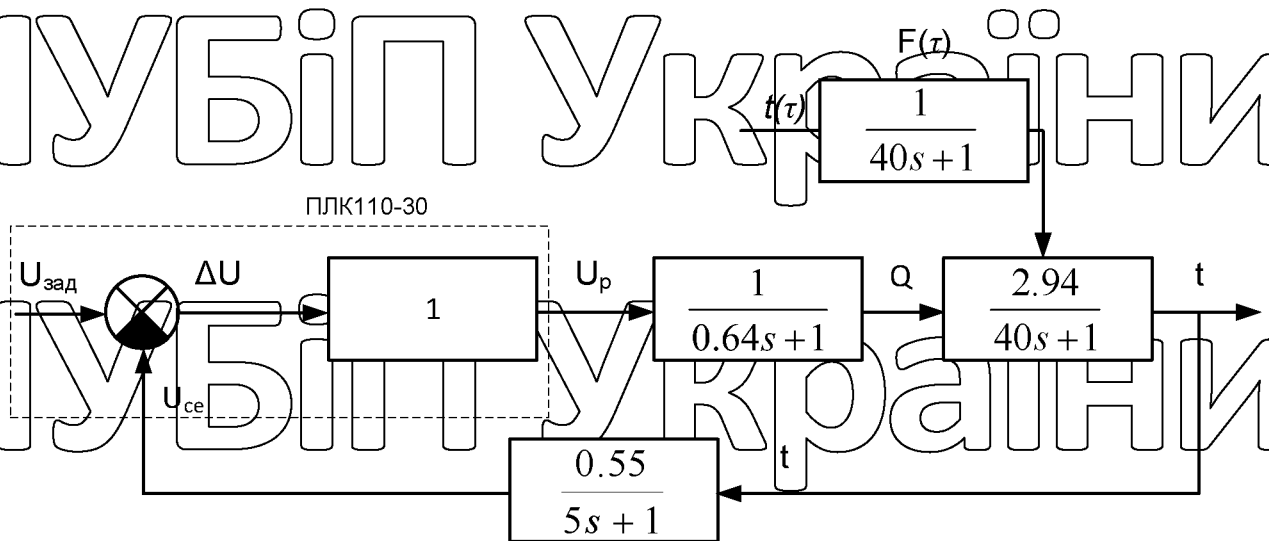


Рисунок 3.8 – Структурно-алгоритмічна схема САК прес-гранулятора

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:

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

$$W_{nc}(s) = \frac{0,9762}{25,6 s^2 + 40,64 s + 1}. \quad (4.3')$$

Визначаємо передатну функцію неперервної частини замкненої системи:

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

$$W_{zam}(s) = \frac{124,2 s^3 + 222 s^2 + 44,28 s + 0,9762}{3277 s^5 + 1,106e04 s^4 + 1,059e04 s^3 + 2123 s^2 + 108 s + 1,534} \quad (4.4')$$

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).

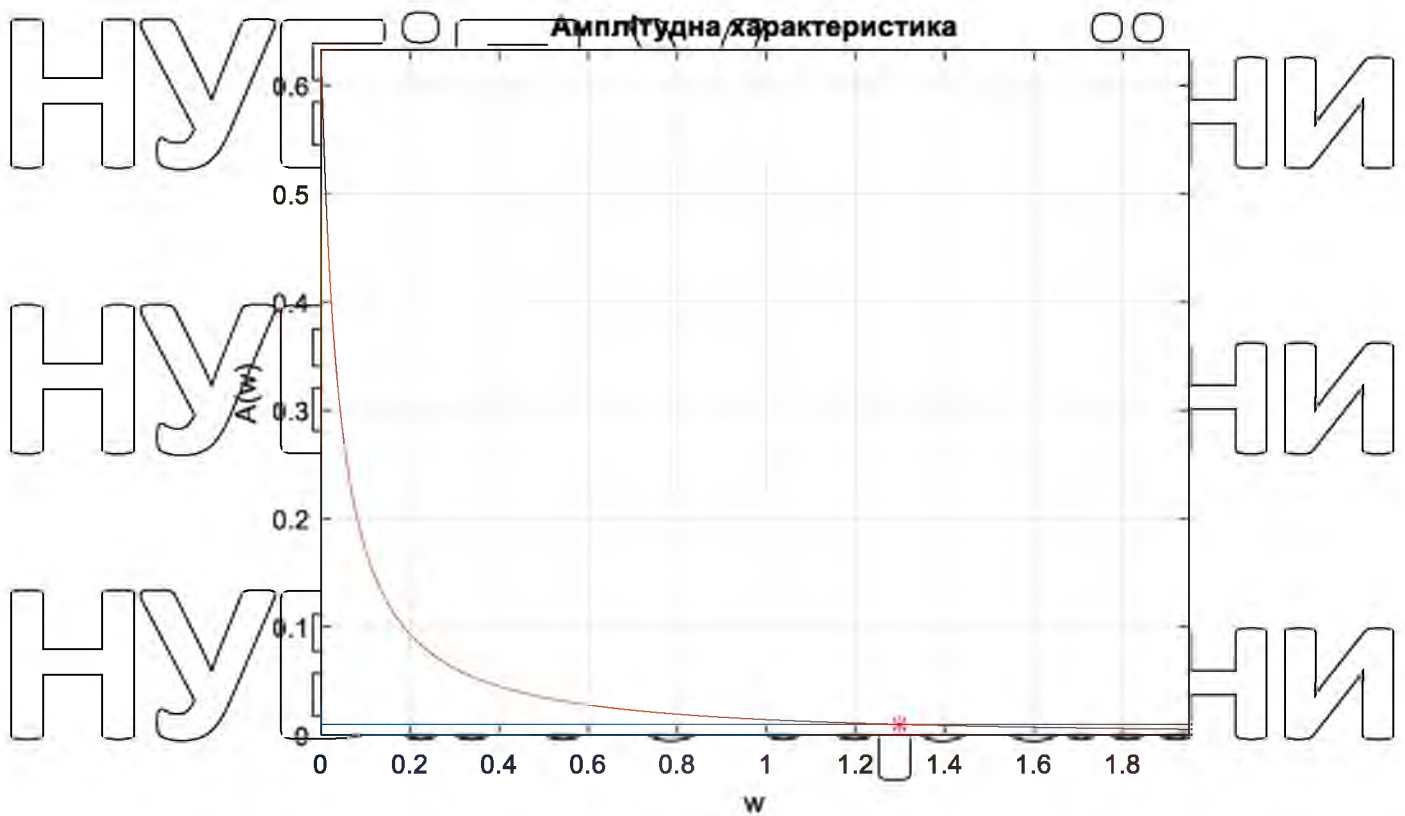


Рисунок 4.1 — Перевірка за теоремою Котельникова

Підставивши отримані вище дані розрахуємо максимальне 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)

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

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 характеристичного рівняння (4.6) повинні знаходитись у колі одиничного радіуса на Z-площині (рис. 4.2)

для дійсних коренів – $|z_k| \leq 1$;

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

Корені характеристичного рівняння на Z-площині

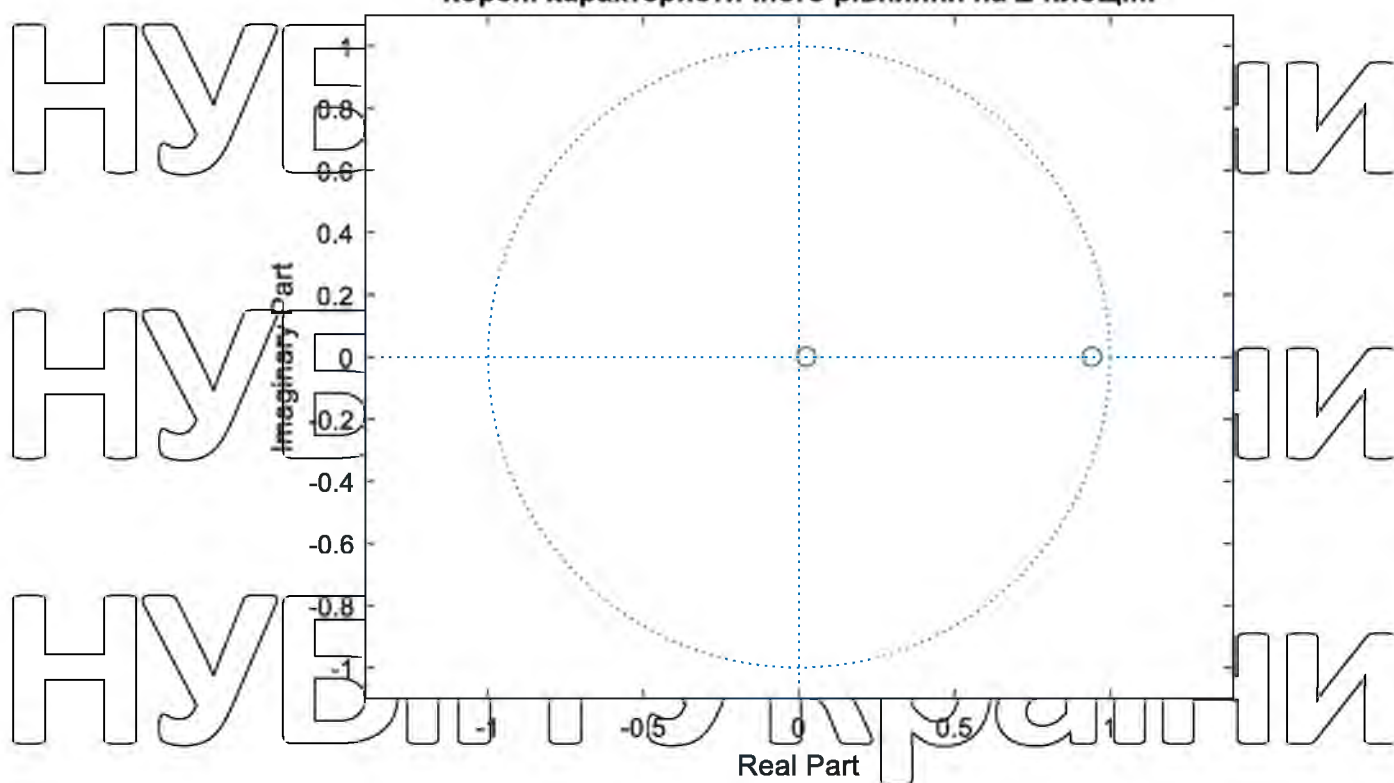


Рисунок 4.2 – Корені характеристичного рівняння на z-площині

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

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

$$K_v = \lim_{z \rightarrow 1} M_{nd}(z) K_c. \quad (4.7)$$

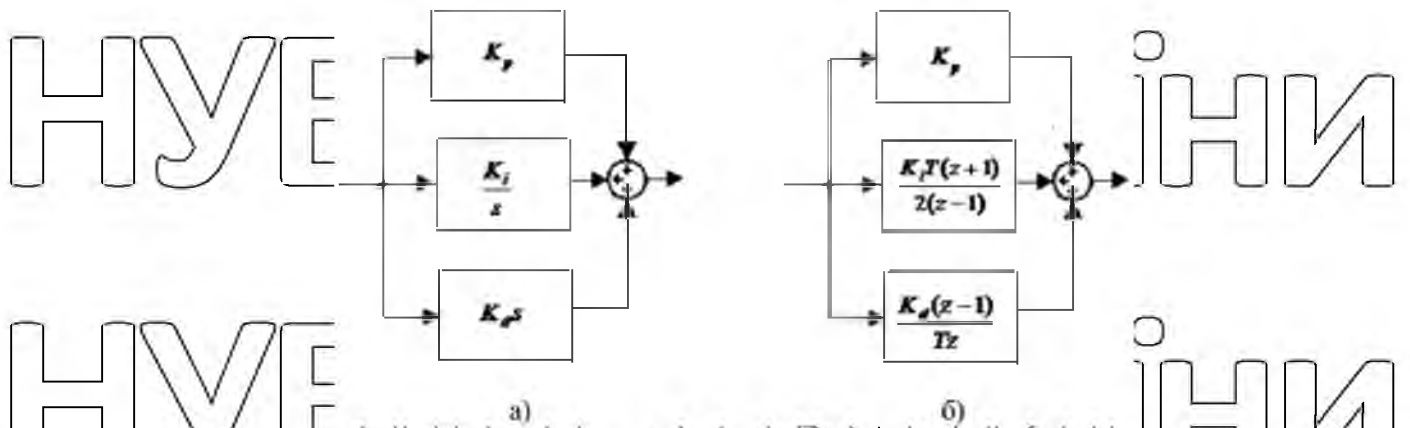


Рисунок 4.3 Структурні алгоритмічні схеми неперервного (а) і цифрового (б) ПІД-регуляторів

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).

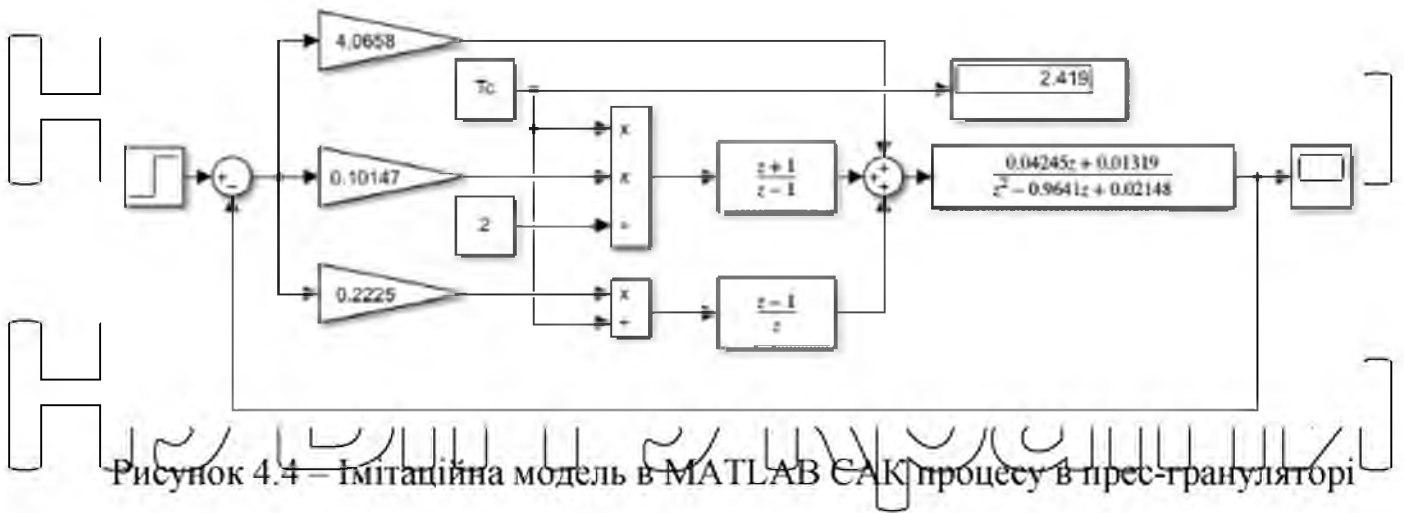


Рисунок 4.4 – Імітаційна модель в MATLAB САК процесу в прес-гранулятори

Графіки перехідних процесів цифрових систем

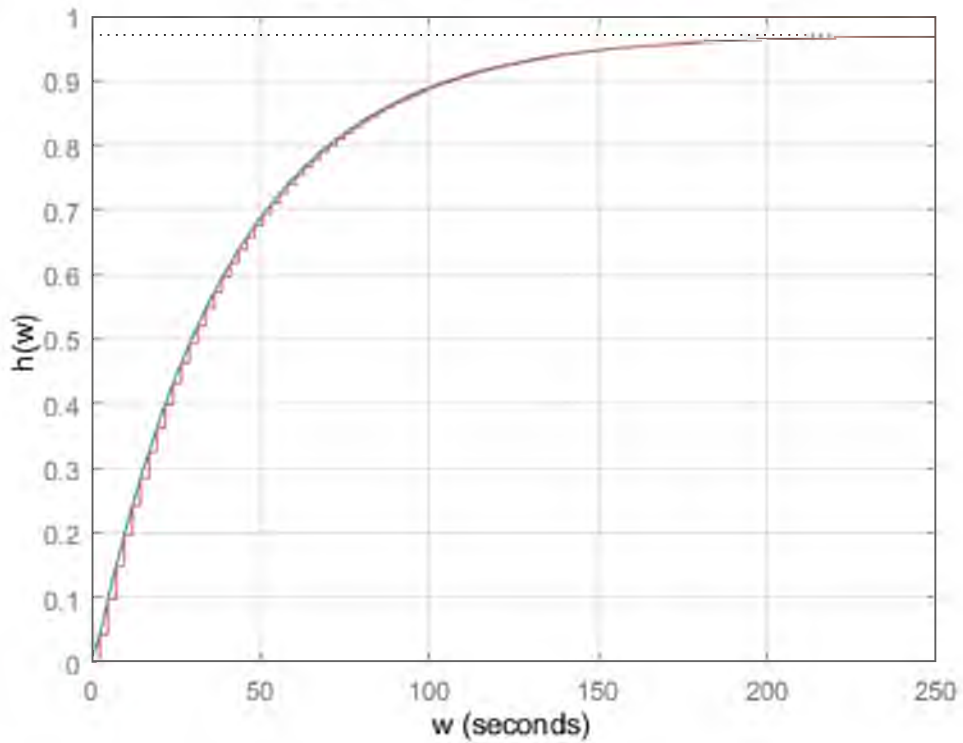


Рисунок 4.5 – Перехідний процес системи автоматичного керування процесу в прес-гранулятори

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

РОЗДІЛ 5.

СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

НУБІП України

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 ФЕ1.

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 розмицнювачем GV2ME32

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вибір автоматичного вимикача QF2.

Згідно технічного завдання в схемі використовуються електричний двигун для приводу 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 приводу 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:

$U_{na} = 380V$;
 $I_{nd} = 2A$.
 Обираємо автоматичний вимикач з магнітним розчиплювачем

GV2ME08 з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$;

$I_{na} = 2.5A$; $I_{ma} = 33.5A$

Вибір автоматичного вимикача /CF9/.

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: $U_{na} = 240V$; $I_{na} = 4A$.



Рисунки 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:

$U_n \geq 380V$;

$I_n > 32A$;

$U_c = 220V$.

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:

$$U_n \geq 380V;$$

$$I_n > 10,4;$$

$$U_k = 220V.$$

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 K11-9.

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 двоопозиційний перемикач.

Вибір двопозиційного перемикача SA1.

Перемикач повинен задовольняти наступним вимогам: $U_s \geq 24V$;
 $I_s \leq 0,5A$. 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 КГВв (4х6) з площею поперечного перерізу 6 мм^2 (відповідає тривалому струму 50А).

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

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

За цими технічними вимогами обираємо кабель КГВв (4х2,5) з площею поперечного перерізу $2,5 \text{ мм}^2$ (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 $0,5 \text{ мм}^2$.

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).

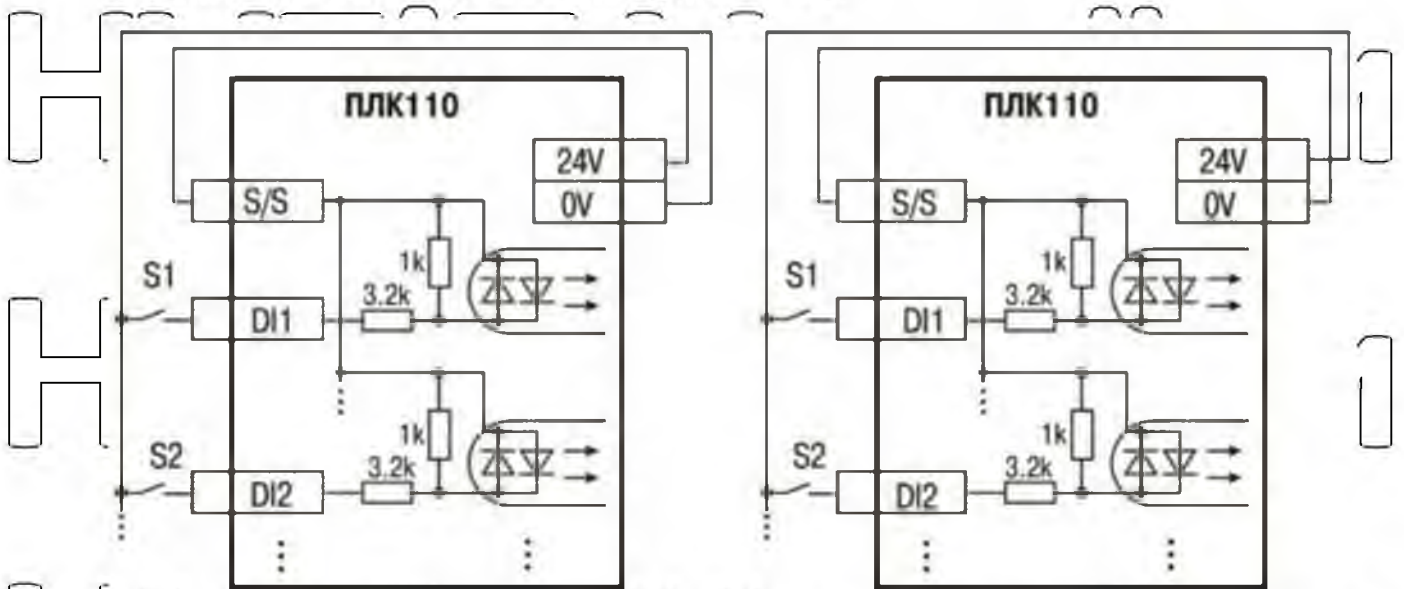


Рисунок 5.6 – Схема підключення контактних датчиків (S1-Sn) до входів ПЛК110

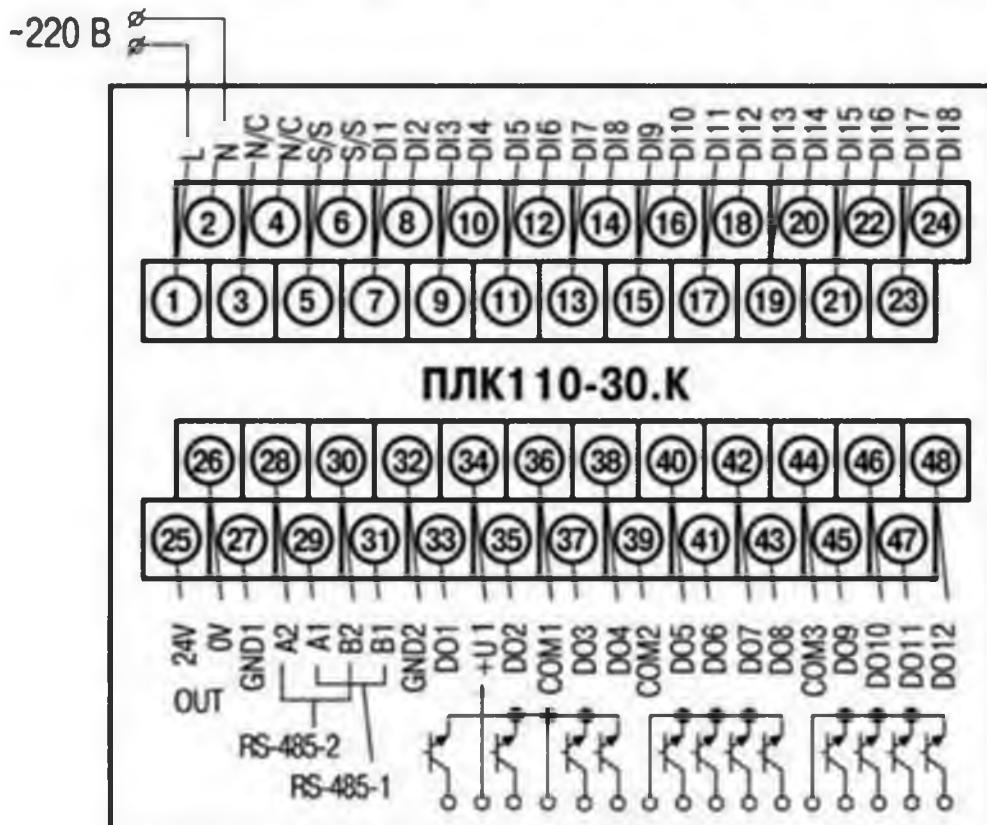


Рисунок 5.7 – Схема розташування та призначення клем на ПЛК110-30

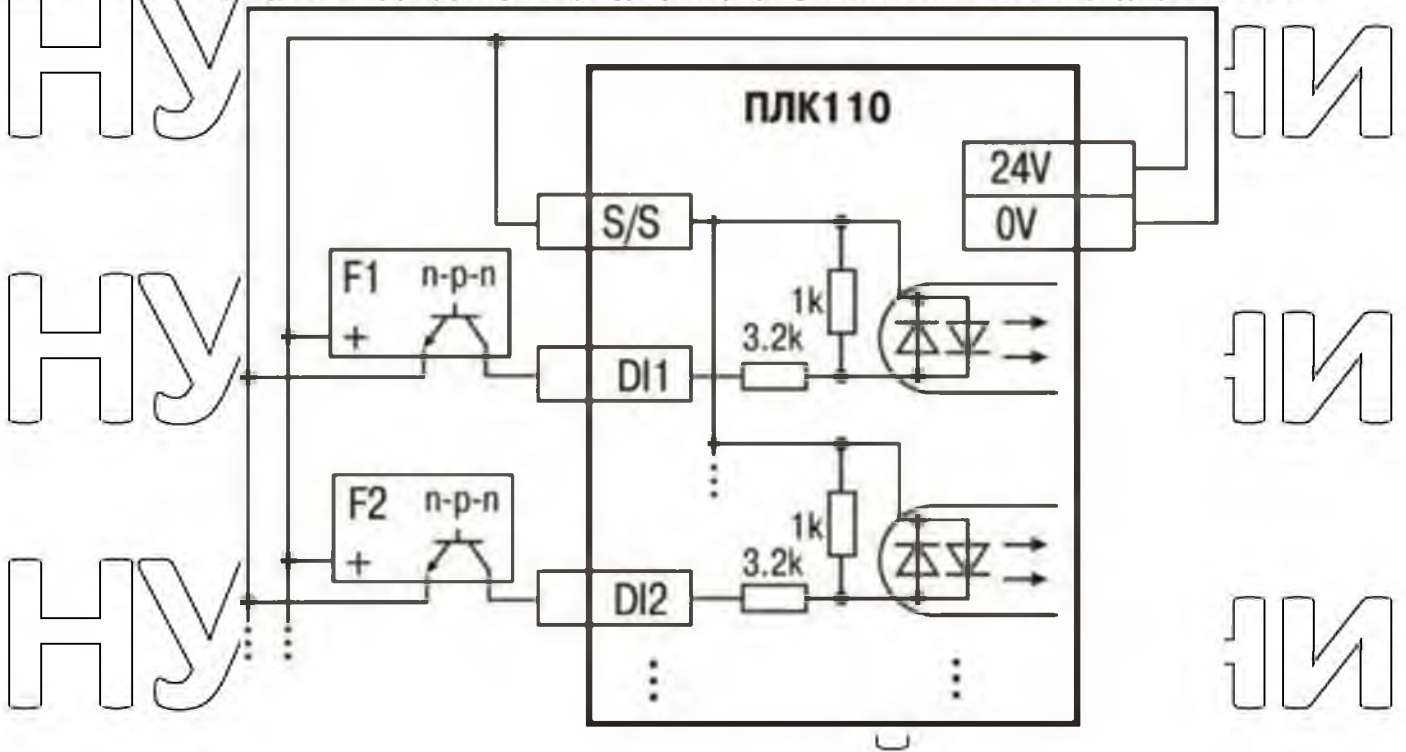


Рисунок 5.8 – Підключення до дискретних входів датчиків (F1-Fn), що мають на виході транзисторний ключ n-p-n-типу

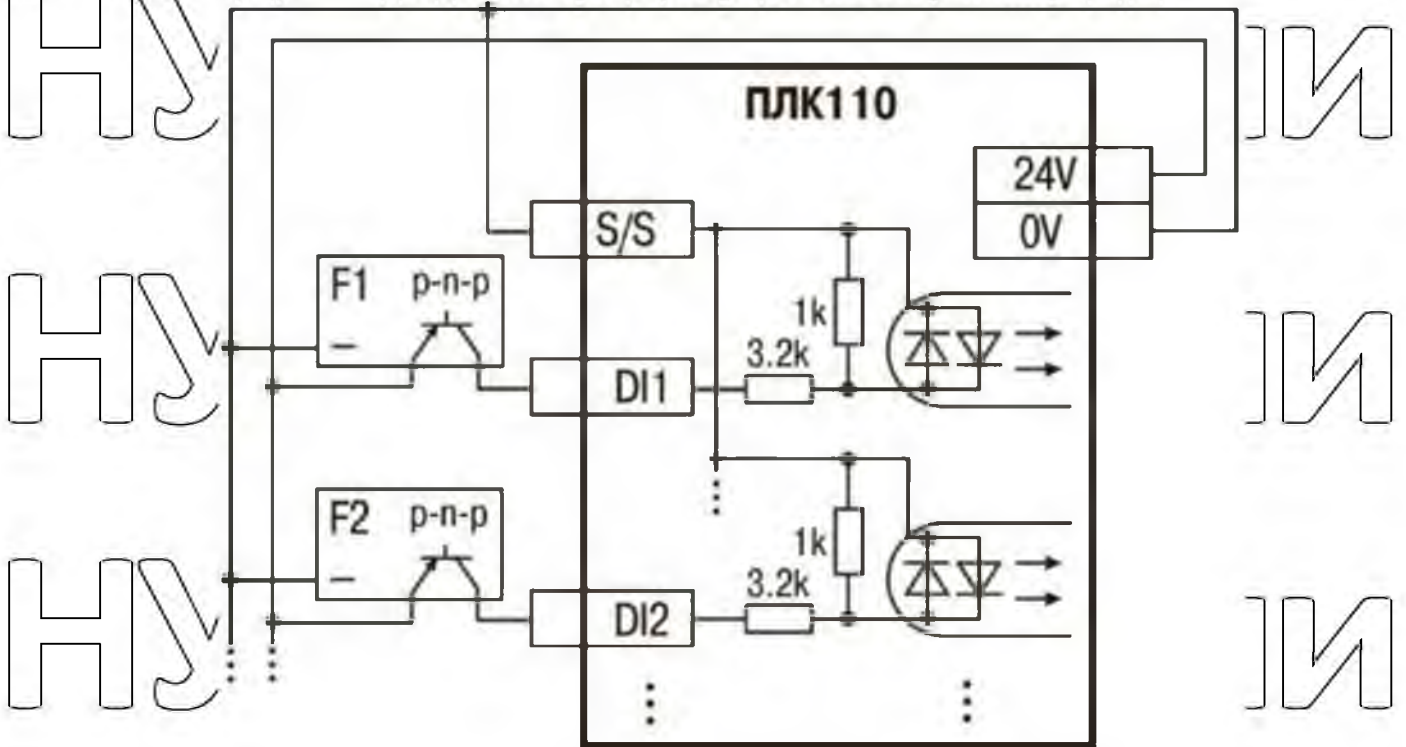


Рисунок 5.9 – Підключення до дискретних входів датчиків, що мають на виході p-n-p - транзисторний ключ

НУБІП України

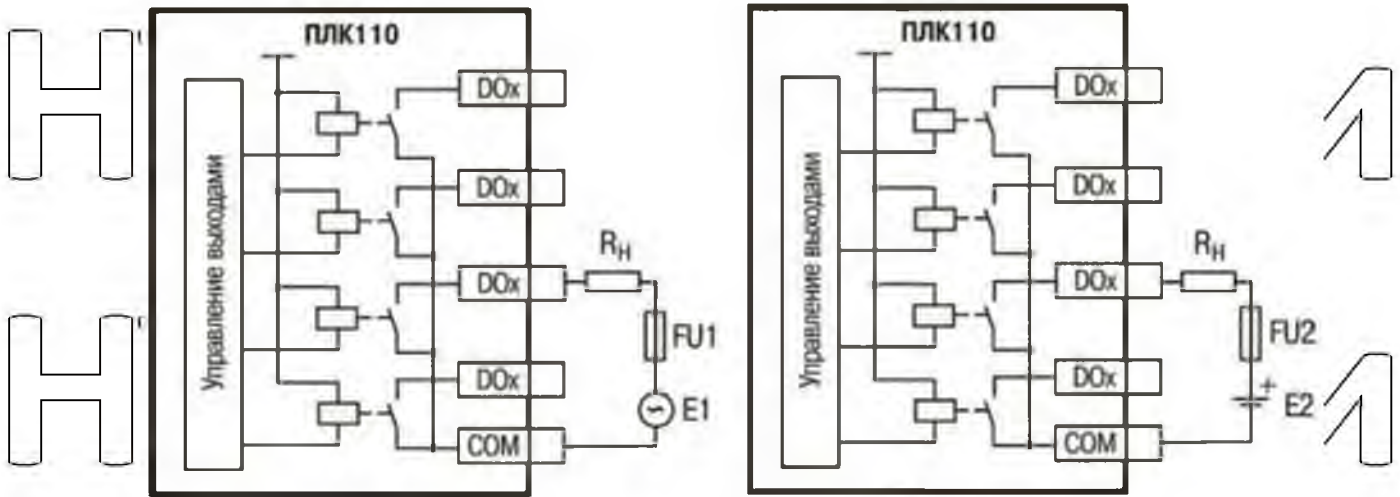


Рисунок 5.10 – Вихідні елементи типу Р контролера з зовнішніми ланцюгами захисту при активному навантаженні

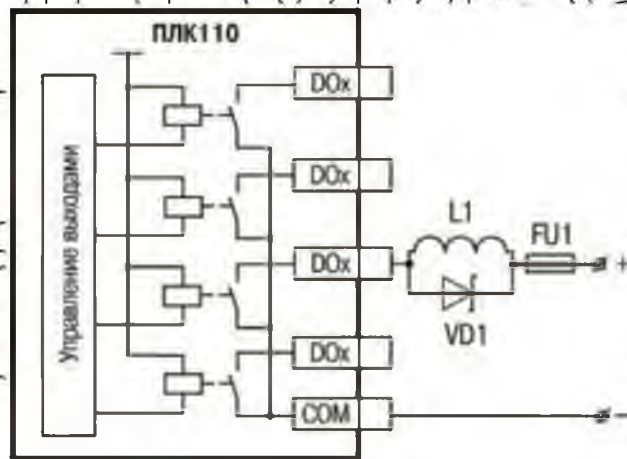


Рисунок 5.11 – Підключення ланцюгів захисту при реактивному навантаженні

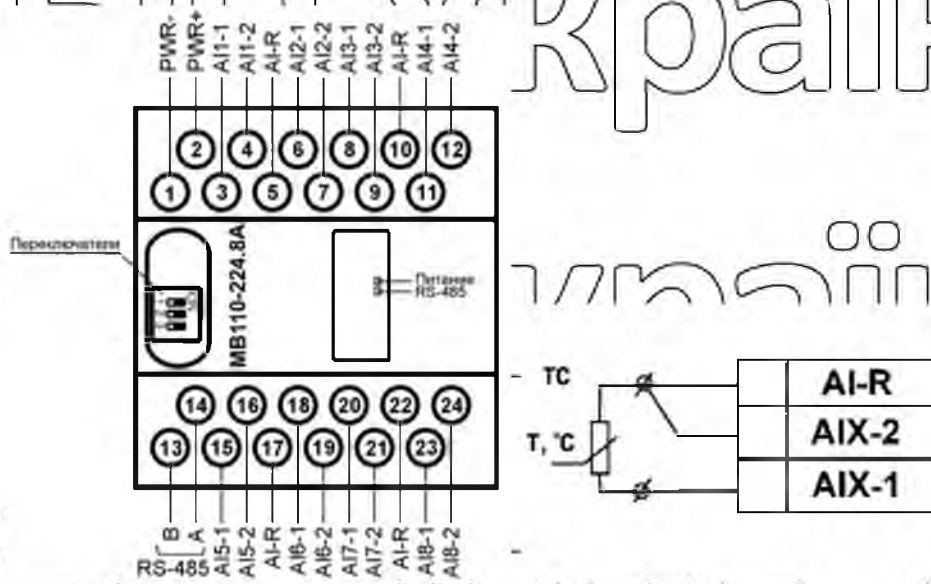


Рисунок 5.12 – Схема підключень модуля аналогового введення MB110-224.8A

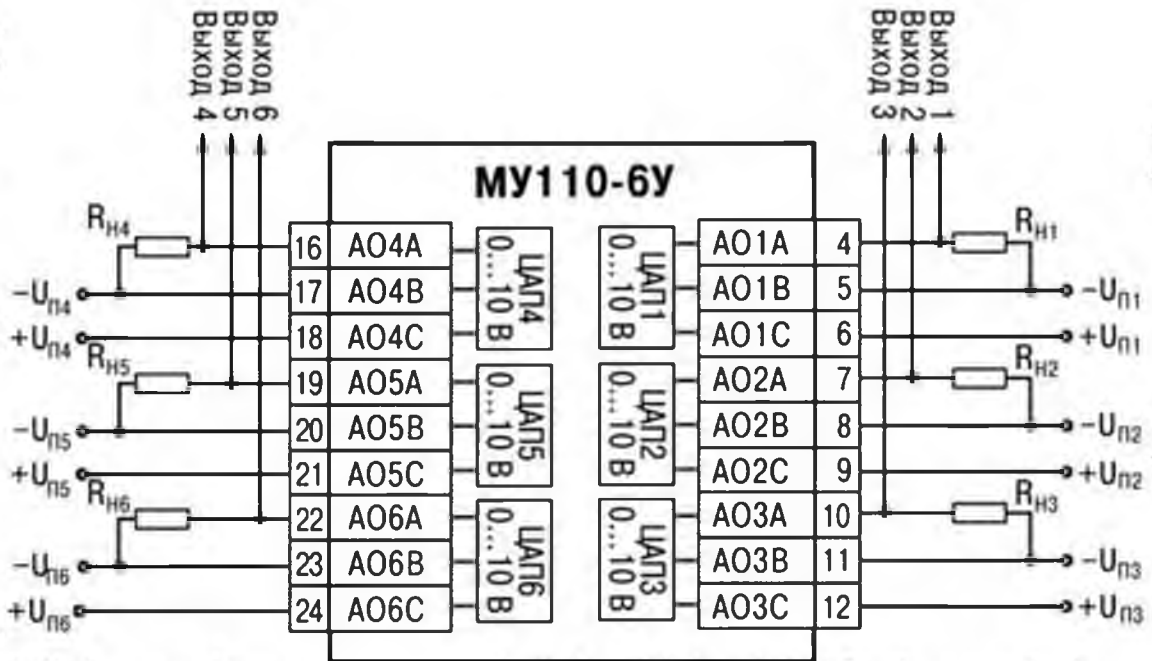


Рисунок 5.13 – Схема підключень модуля аналогового виведення МУ110-224.6У

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

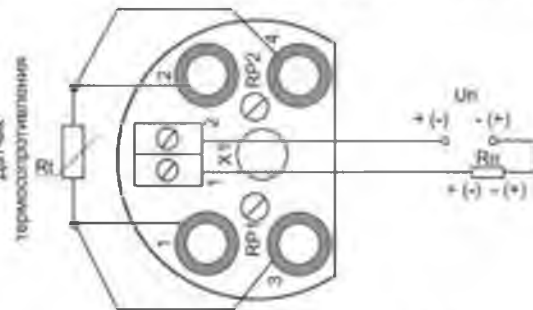
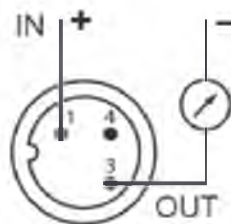


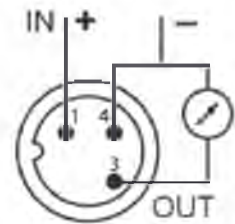
Рисунок 5.14 – Схема підключень перетворювача сигналів PSA-02 термометра опору ТСП-1088 АС

Connections / Connexions / Anschlüsse / Conexiones / 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).

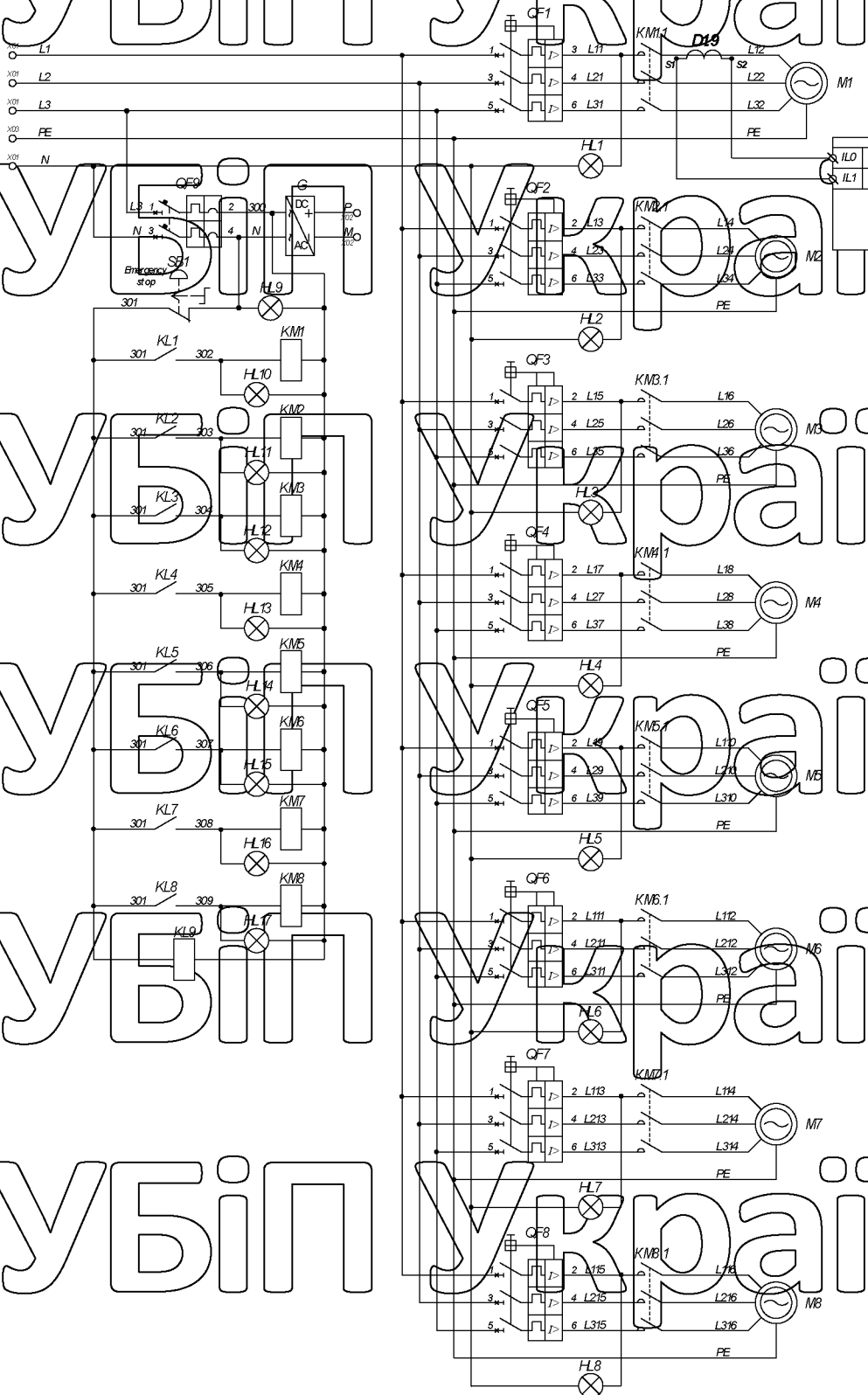
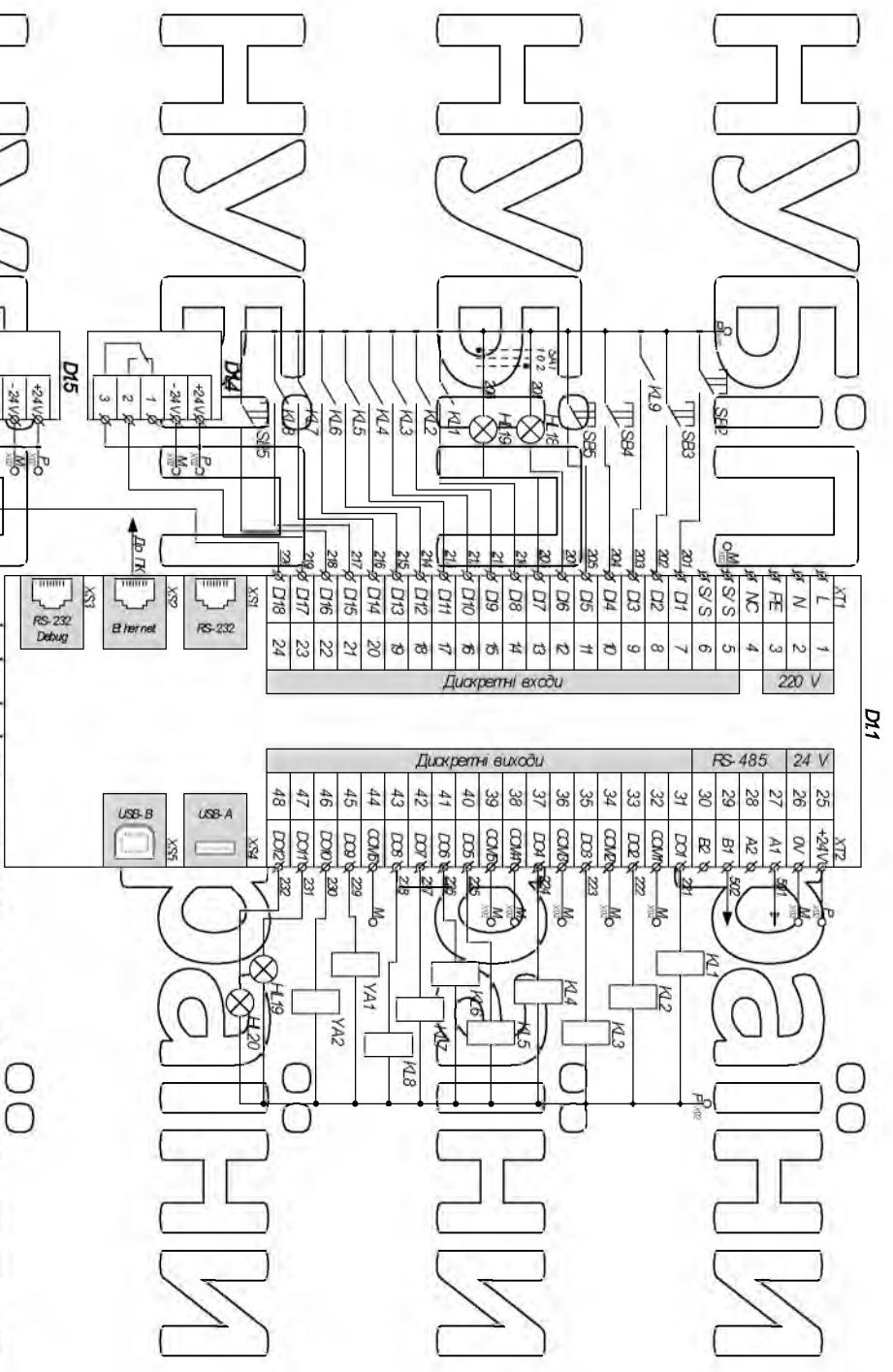
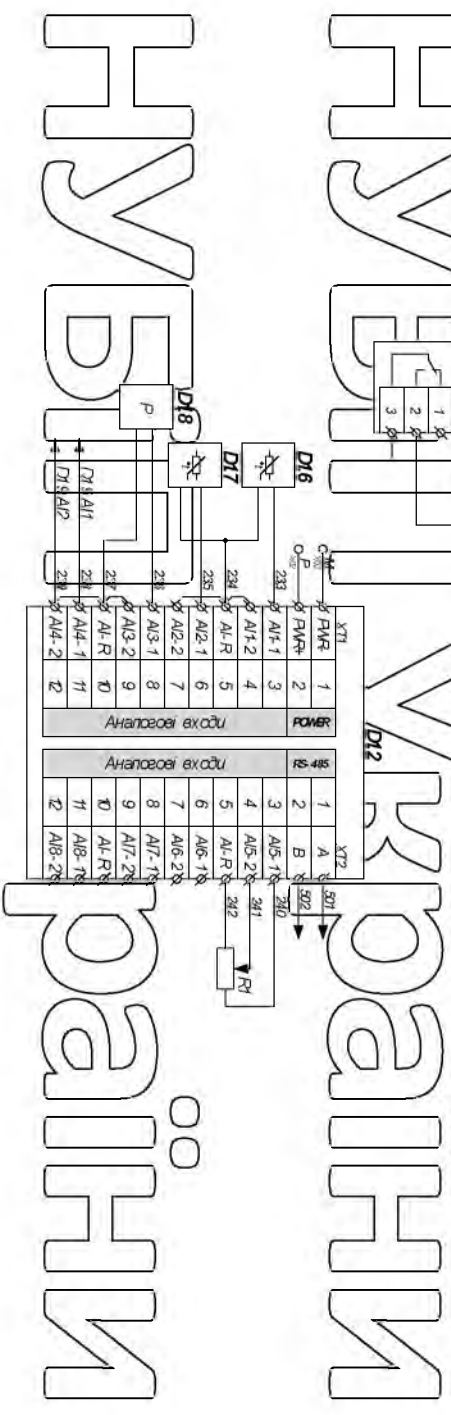


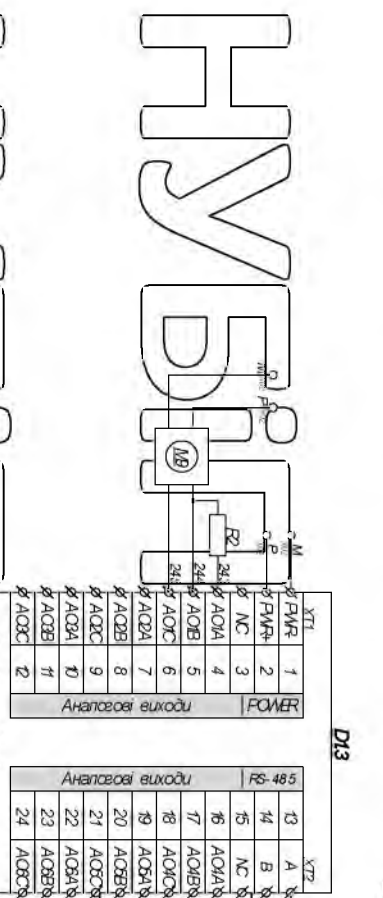
Рисунок 5.16 – Принципова електрична схема САК виробництвом комбікормів (силова частина)



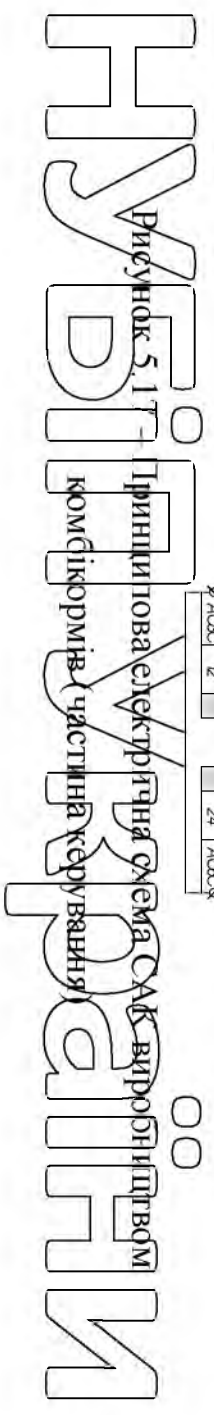
D11



D12



D13



D14

Рисунок 5.1

Принципова електрична схема САК виробництва
комп'ютерної частини керування

Принципова електрична схема САК виробництвом комбікормів з використанням ПЛК 110-30 [M02] фірми ОВЕР. 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 МТ-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 ПІД-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 ПІД 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 ПІД-закону для регулювання подачею пари в змішувач для зволоження та підгрів 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 пристроєнезалежним

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).

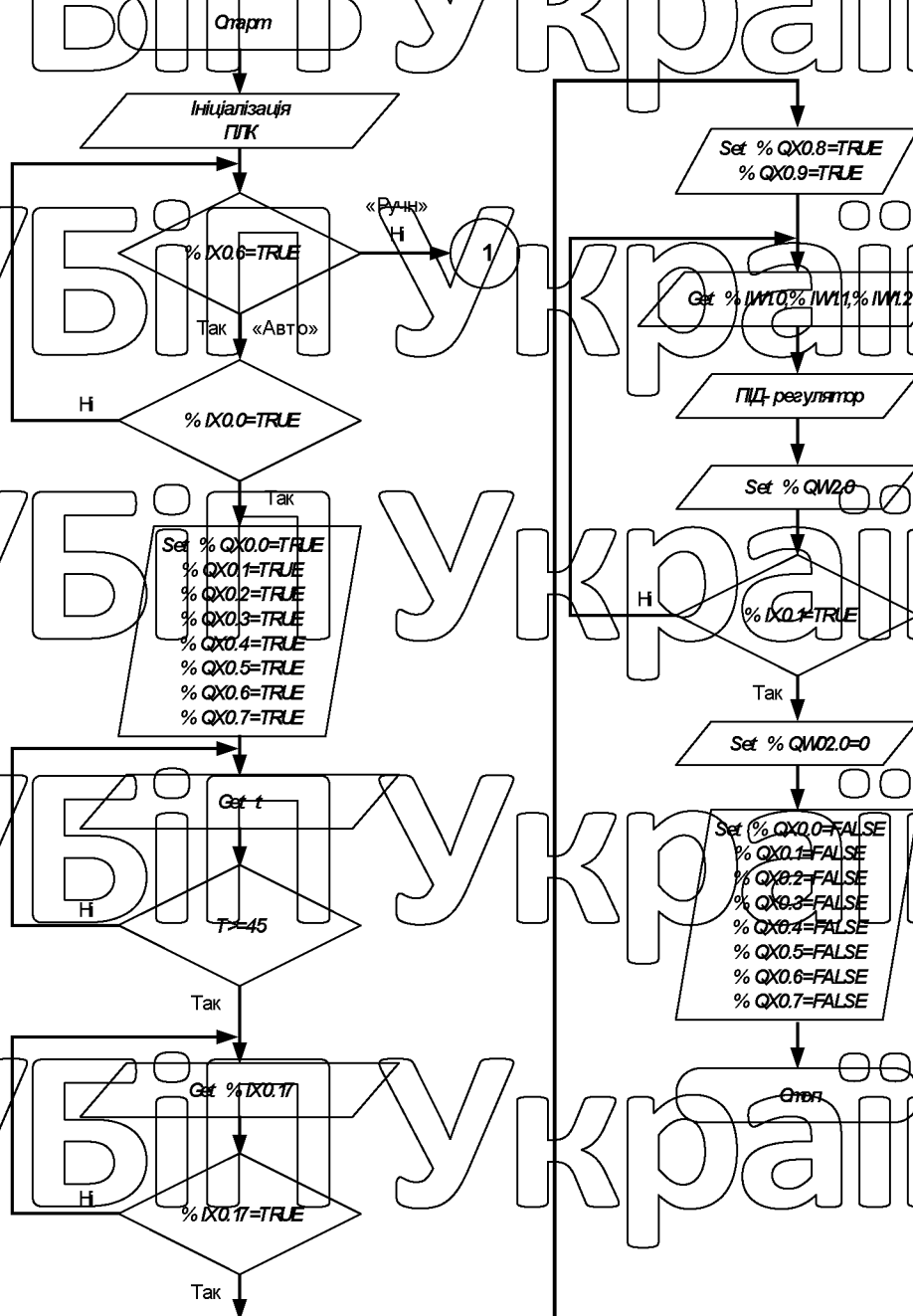


Рисунок 5.18 – Фрагмент алгоритму програми з ПІД регулятором

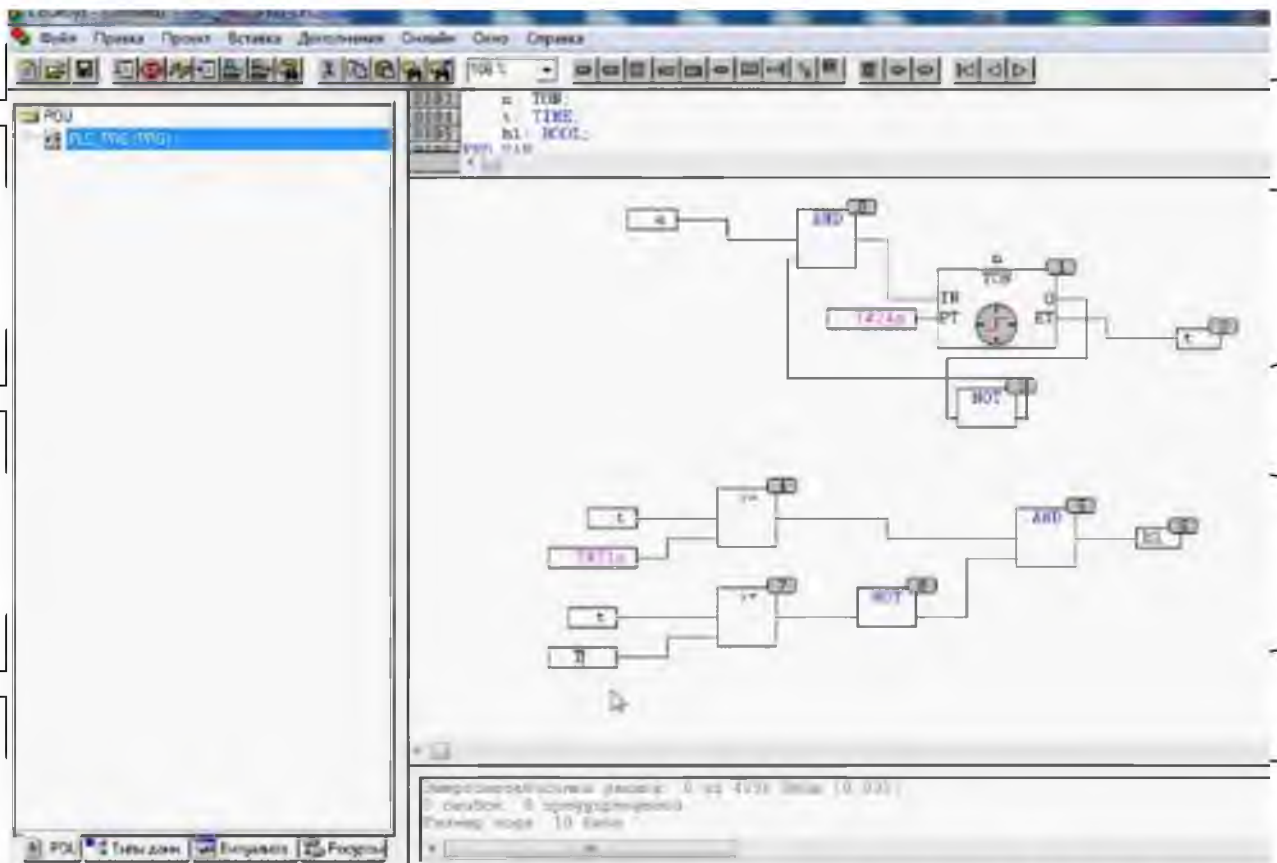


Рисунок 5.19 – Фрагмент програми в CoDeSys для програмування затримки часу вимикання приводів на мові SFC

The screenshot shows the STL editor in CoDeSys. The code is as follows:


```

    4001 VAR_GLOBAL
    4002   INT: M000_0
    4003   INT: M000_1
    4004   INT: M000_2
    4005   INT: M000_3
    4006   INT: M000_4
    4007   INT: M000_5
    4008   INT: M000_6
    4009   INT: M000_7
    4010   INT: M000_8
    4011   INT: M000_9
    4012   INT: M000_10
    4013   INT: M000_11
    4014   INT: M000_12
    4015   INT: M000_13
    4016   INT: M000_14
    4017   INT: M000_15
    4018   INT: M000_16
    4019   INT: M000_17
    4020   INT: M000_18
    4021   INT: M000_19
    4022   INT: M000_20
    4023   INT: M000_21
    4024   INT: M000_22
    4025   INT: M000_23
    4026   INT: M000_24
    4027   INT: M000_25
    4028   INT: M000_26
    4029   INT: M000_27
    4030   INT: M000_28
    4031   INT: M000_29
    4032   INT: M000_30
    4033   INT: M000_31
    4034   INT: M000_32
    4035   INT: M000_33
    4036   INT: M000_34
    4037   INT: M000_35
    4038   INT: M000_36
    4039   INT: M000_37
    4040   INT: M000_38
    4041   INT: M000_39
    4042   INT: M000_40
    4043   INT: M000_41
    4044   INT: M000_42
    4045   INT: M000_43
    4046   INT: M000_44
    4047   INT: M000_45
    4048   INT: M000_46
    4049   INT: M000_47
    4050   INT: M000_48
    4051   INT: M000_49
    4052   INT: M000_50
    4053   INT: M000_51
    4054   INT: M000_52
    4055   INT: M000_53
    4056   INT: M000_54
    4057   INT: M000_55
    4058   INT: M000_56
    4059   INT: M000_57
    4060   INT: M000_58
    4061   INT: M000_59
    4062   INT: M000_60
    4063   INT: M000_61
    4064   INT: M000_62
    4065   INT: M000_63
    4066   INT: M000_64
    4067   INT: M000_65
    4068   INT: M000_66
    4069   INT: M000_67
    4070   INT: M000_68
    4071   INT: M000_69
    4072   INT: M000_70
    4073   INT: M000_71
    4074   INT: M000_72
    4075   INT: M000_73
    4076   INT: M000_74
    4077   INT: M000_75
    4078   INT: M000_76
    4079   INT: M000_77
    4080   INT: M000_78
    4081   INT: M000_79
    4082   INT: M000_80
    4083   INT: M000_81
    4084   INT: M000_82
    4085   INT: M000_83
    4086   INT: M000_84
    4087   INT: M000_85
    4088   INT: M000_86
    4089   INT: M000_87
    4090   INT: M000_88
    4091   INT: M000_89
    4092   INT: M000_90
    4093   INT: M000_91
    4094   INT: M000_92
    4095   INT: M000_93
    4096   INT: M000_94
    4097   INT: M000_95
    4098   INT: M000_96
    4099   INT: M000_97
    4100   INT: M000_98
    4101   INT: M000_99
    4102   INT: M000_100
    4103   INT: M000_101
    4104   INT: M000_102
    4105   INT: M000_103
    4106   INT: M000_104
    4107   INT: M000_105
    4108   INT: M000_106
    4109   INT: M000_107
    4110   INT: M000_108
    4111   INT: M000_109
    4112   INT: M000_110
    4113   INT: M000_111
    4114   INT: M000_112
    4115   INT: M000_113
    4116   INT: M000_114
    4117   INT: M000_115
    4118   INT: M000_116
    4119   INT: M000_117
    4120   INT: M000_118
    4121   INT: M000_119
    4122   INT: M000_120
    4123   INT: M000_121
    4124   INT: M000_122
    4125   INT: M000_123
    4126   INT: M000_124
    4127   INT: M000_125
    4128   INT: M000_126
    4129   INT: M000_127
    4130   INT: M000_128
    4131   INT: M000_129
    4132   INT: M000_130
    4133   INT: M000_131
    4134   INT: M000_132
    4135   INT: M000_133
    4136   INT: M000_134
    4137   INT: M000_135
    4138   INT: M000_136
    4139   INT: M000_137
    4140   INT: M000_138
    4141   INT: M000_139
    4142   INT: M000_140
    4143   INT: M000_141
    4144   INT: M000_142
    4145   INT: M000_143
    4146   INT: M000_144
    4147   INT: M000_145
    4148   INT: M000_146
    4149   INT: M000_147
    4150   INT: M000_148
    4151   INT: M000_149
    4152   INT: M000_150
    4153   INT: M000_151
    4154   INT: M000_152
    4155   INT: M000_153
    4156   INT: M000_154
    4157   INT: M000_155
    4158   INT: M000_156
    4159   INT: M000_157
    4160   INT: M000_158
    4161   INT: M000_159
    4162   INT: M000_160
    4163   INT: M000_161
    4164   INT: M000_162
    4165   INT: M000_163
    4166   INT: M000_164
    4167   INT: M000_165
    4168   INT: M000_166
    4169   INT: M000_167
    4170   INT: M000_168
    4171   INT: M000_169
    4172   INT: M000_170
    4173   INT: M000_171
    4174   INT: M000_172
    4175   INT: M000_173
    4176   INT: M000_174
    4177   INT: M000_175
    4178   INT: M000_176
    4179   INT: M000_177
    4180   INT: M000_178
    4181   INT: M000_179
    4182   INT: M000_180
    4183   INT: M000_181
    4184   INT: M000_182
    4185   INT: M000_183
    4186   INT: M000_184
    4187   INT: M000_185
    4188   INT: M000_186
    4189   INT: M000_187
    4190   INT: M000_188
    4191   INT: M000_189
    4192   INT: M000_190
    4193   INT: M000_191
    4194   INT: M000_192
    4195   INT: M000_193
    4196   INT: M000_194
    4197   INT: M000_195
    4198   INT: M000_196
    4199   INT: M000_197
    4200   INT: M000_198
    4201   INT: M000_199
    4202   INT: M000_200
    4203   INT: M000_201
    4204   INT: M000_202
    4205   INT: M000_203
    4206   INT: M000_204
    4207   INT: M000_205
    4208   INT: M000_206
    4209   INT: M000_207
    4210   INT: M000_208
    4211   INT: M000_209
    4212   INT: M000_210
    4213   INT: M000_211
    4214   INT: M000_212
    4215   INT: M000_213
    4216   INT: M000_214
    4217   INT: M000_215
    4218   INT: M000_216
    4219   INT: M000_217
    4220   INT: M000_218
    4221   INT: M000_219
    4222   INT: M000_220
    4223   INT: M000_221
    4224   INT: M000_222
    4225   INT: M000_223
    4226   INT: M000_224
    4227   INT: M000_225
    4228   INT: M000_226
    4229   INT: M000_227
    4230   INT: M000_228
    4231   INT: M000_229
    4232   INT: M000_230
    4233   INT: M000_231
    4234   INT: M000_232
    4235   INT: M000_233
    4236   INT: M000_234
    4237   INT: M000_235
    4238   INT: M000_236
    4239   INT: M000_237
    4240   INT: M000_238
    4241   INT: M000_239
    4242   INT: M000_240
    4243   INT: M000_241
    4244   INT: M000_242
    4245   INT: M000_243
    4246   INT: M000_244
    4247   INT: M000_245
    4248   INT: M000_246
    4249   INT: M000_247
    4250   INT: M000_248
    4251   INT: M000_249
    4252   INT: M000_250
    4253   INT: M000_251
    4254   INT: M000_252
    4255   INT: M000_253
    4256   INT: M000_254
    4257   INT: M000_255
    4258   INT: M000_256
    4259   INT: M000_257
    4260   INT: M000_258
    4261   INT: M000_259
    4262   INT: M000_260
    4263   INT: M000_261
    4264   INT: M000_262
    4265   INT: M000_263
    4266   INT: M000_264
    4267   INT: M000_265
    4268   INT: M000_266
    4269   INT: M000_267
    4270   INT: M000_268
    4271   INT: M000_269
    4272   INT: M000_270
    4273   INT: M000_271
    4274   INT: M000_272
    4275   INT: M000_273
    4276   INT: M000_274
    4277   INT: M000_275
    4278   INT: M000_276
    4279   INT: M000_277
    4280   INT: M000_278
    4281   INT: M000_279
    4282   INT: M000_280
    4283   INT: M000_281
    4284   INT: M000_282
    4285   INT: M000_283
    4286   INT: M000_284
    4287   INT: M000_285
    4288   INT: M000_286
    4289   INT: M000_287
    4290   INT: M000_288
    4291   INT: M000_289
    4292   INT: M000_290
    4293   INT: M000_291
    4294   INT: M000_292
    4295   INT: M000_293
    4296   INT: M000_294
    4297   INT: M000_295
    4298   INT: M000_296
    4299   INT: M000_297
    4300   INT: M000_298
    4301   INT: M000_299
    4302   INT: M000_300
    4303   INT: M000_301
    4304   INT: M000_302
    4305   INT: M000_303
    4306   INT: M000_304
    4307   INT: M000_305
    4308   INT: M000_306
    4309   INT: M000_307
    4310   INT: M000_308
    4311   INT: M000_309
    4312   INT: M000_310
    4313   INT: M000_311
    4314   INT: M000_312
    4315   INT: M000_313
    4316   INT: M000_314
    4317   INT: M000_315
    4318   INT: M000_316
    4319   INT: M000_317
    4320   INT: M000_318
    4321   INT: M000_319
    4322   INT: M000_320
    4323   INT: M000_321
    4324   INT: M000_322
    4325   INT: M000_323
    4326   INT: M000_324
    4327   INT: M000_325
    4328   INT: M000_326
    4329   INT: M000_327
    4330   INT: M000_328
    4331   INT: M000_329
    4332   INT: M000_330
    4333   INT: M000_331
    4334   INT: M000_332
    4335   INT: M000_333
    4336   INT: M000_334
    4337   INT: M000_335
    4338   INT: M000_336
    4339   INT: M000_337
    4340   INT: M000_338
    4341   INT: M000_339
    4342   INT: M000_340
    4343   INT: M000_341
    4344   INT: M000_342
    4345   INT: M000_343
    4346   INT: M000_344
    4347   INT: M000_345
    4348   INT: M000_346
    4349   INT: M000_347
    4350   INT: M000_348
    4351   INT: M000_349
    4352   INT: M000_350
    4353   INT: M000_351
    4354   INT: M000_352
    4355   INT: M000_353
    4356   INT: M000_354
    4357   INT: M000_355
    4358   INT: M000_356
    4359   INT: M000_357
    4360   INT: M000_358
    4361   INT: M000_359
    4362   INT: M000_360
    4363   INT: M000_361
    4364   INT: M000_362
    4365   INT: M000_363
    4366   INT: M000_364
    4367   INT: M000_365
    4368   INT: M000_366
    4369   INT: M000_367
    4370   INT: M000_368
    4371   INT: M000_369
    4372   INT: M000_370
    4373   INT: M000_371
    4374   INT: M000_372
    4375   INT: M000_373
    4376   INT: M000_374
    4377   INT: M000_375
    4378   INT: M000_376
    4379   INT: M000_377
    4380   INT: M000_378
    4381   INT: M000_379
    4382   INT: M000_380
    4383   INT: M000_381
    4384   INT: M000_382
    4385   INT: M000_383
    4386   INT: M000_384
    4387   INT: M000_385
    4388   INT: M000_386
    4389   INT: M000_387
    4390   INT: M000_388
    4391   INT: M000_389
    4392   INT: M000_390
    4393   INT: M000_391
    4394   INT: M000_392
    4395   INT: M000_393
    4396   INT: M000_394
    4397   INT: M000_395
    4398   INT: M000_396
    4399   INT: M000_397
    4400   INT: M000_398
    4401   INT: M000_399
    4402   INT: M000_400
    4403   INT: M000_401
    4404   INT: M000_402
    4405   INT: M000_403
    4406   INT: M000_404
    4407   INT: M000_405
    4408   INT: M000_406
    4409   INT: M000_407
    4410   INT: M000_408
    4411   INT: M000_409
    4412   INT: M000_410
    4413   INT: M000_411
    4414   INT: M000_412
    4415   INT: M000_413
    4416   INT: M000_414
    4417   INT: M000_415
    4418   INT: M000_416
    4419   INT: M000_417
    4420   INT: M000_418
    4421   INT: M000_419
    4422   INT: M000_420
    4423   INT: M000_421
    4424   INT: M000_422
    4425   INT: M000_423
    4426   INT: M000_424
    4427   INT: M000_425
    4428   INT: M000_426
    4429   INT: M000_427
    4430   INT: M000_428
    4431   INT: M000_429
    4432   INT: M000_430
    4433   INT: M000_431
    4434   INT: M000_432
    4435   INT: M000_433
    4436   INT: M000_434
    4437   INT: M000_435
    4438   INT: M000_436
    4439   INT: M000_437
    4440   INT: M000_438
    4441   INT: M000_439
    4442   INT: M000_440
    4443   INT: M000_441
    4444   INT: M000_442
    4445   INT: M000_443
    4446   INT: M000_444
    4447   INT: M000_445
    4448   INT: M000_446
    4449   INT: M000_447
    4450   INT: M000_448
    4451   INT: M000_449
    4452   INT: M000_450
    4453   INT: M000_451
    4454   INT: M000_452
    4455   INT: M000_453
    4456   INT: M000_454
    4457   INT: M000_455
    4458   INT: M000_456
    4459   INT: M000_457
    4460   INT: M000_458
    4461   INT: M000_459
    4462   INT: M000_460
    4463   INT: M000_461
    4464   INT: M000_462
    4465   INT: M000_463
    4466   INT: M000_464
    4467   INT: M000_465
    4468   INT: M000_466
    4469   INT: M000_467
    4470   INT: M000_468
    4471   INT: M000_469
    4472   INT: M000_470
    4473   INT: M000_471
    4474   INT: M000_472
    4475   INT: M000_473
    4476   INT: M000_474
    4477   INT: M000_475
    4478   INT: M000_476
    4479   INT: M000_477
    4480   INT: M000_478
    4481   INT: M000_479
    4482   INT: M000_480
    4483   INT: M000_481
    4484   INT: M000_482
    4485   INT: M000_483
    4486   INT: M000_484
    4487   INT: M000_485
    4488   INT: M000_486
    4489   INT: M000_487
    4490   INT: M000_488
    4491   INT: M000_489
    4492   INT: M000_490
    4493   INT: M000_491
    4494   INT: M000_492
    4495   INT: M000_493
    4496   INT: M000_494
    4497   INT: M000_495
    4498   INT: M000_496
    4499   INT: M000_497
    4500   INT: M000_498
    4501   INT: M000_499
    4502   INT: M000_500
    4503   INT: M000_501
    4504   INT: M000_502
    4505   INT: M000_503
    4506   INT: M000_504
    4507   INT: M000_505
    4508   INT: M000_506
    4509   INT: M000_507
    4510   INT: M000_508
    4511   INT: M000_509
    4512   INT: M000_510
    4513   INT: M000_511
    4514   INT: M000_512
    4515   INT: M000_513
    4516   INT: M000_514
    4517   INT: M000_515
    4518   INT: M000_516
    4519   INT: M000_517
    4520   INT: M000_518
    4521   INT: M000_519
    4522   INT: M000_520
    4523   INT: M000_521
    4524   INT: M000_522
    4525   INT: M000_523
    4526   INT: M000_524
    4527   INT: M000_525
    4528   INT: M000_526
    4529   INT: M000_527
    4530   INT: M000_528
    4531   INT: M000_529
    4532   INT: M000_530
    4533   INT: M000_531
    4534   INT: M000_532
    4535   INT: M000_533
    4536   INT: M000_534
    4537   INT: M000_535
    4538   INT: M000_536
    4539   INT: M000_537
    4540   INT: M000_538
    4541   INT: M000_539
    4542   INT: M000_540
    4543   INT: M000_541
    4544   INT: M000_542
    4545   INT: M000_543
    4546   INT: M000_544
    4547   INT: M000_545
    4548   INT: M000_546
    4549   INT: M000_547
    4550   INT: M000_548
    4551   INT: M000_549
    4552   INT: M000_550
    4553   INT: M000_551
    4554   INT: M000_552
    4555   INT: M000_553
    4556   INT: M000_554
    4557   INT: M000_555
    4558   INT: M000_556
    4559   INT: M000_557
    4560   INT: M000_558
    4561   INT: M000_559
    4562   INT: M000_560
    4563   INT: M000_561
    4564   INT: M000_562
    4565   INT: M000_563
    4566   INT: M000_564
    4567   INT: M000_565
    4568   INT: M000_566
    4569   INT: M000_567
    4570   INT: M000_568
    4571   INT: M000_569
    4572   INT: M000_570
    4573   INT: M000_571
    4574   INT: M000_572
    4575   INT: M000_573
    4576   INT: M000_574
    4577   INT: M000_575
    4578   INT: M000_576
    4579   INT: M000_577
    4580   INT: M000_578
    4581   INT: M000_579
    4582   INT: M000_580
    4583   INT: M000_581
    4584   INT: M000_582
    4585   INT: M000_583
    4586   INT: M000_584
    4587   INT: M000_585
    4588   INT: M000_586
    4589   INT: M000_587
    4590   INT: M000_588
    4591   INT: M000_589
    4592   INT: M000_590
    4593   INT: M000_591
    4594   INT: M000_592
    4595   INT: M000_593
    4596   INT: M000_594
    4597   INT: M000_595
    4598   INT: M000_596
    4599   INT: M000_597
    4600   INT: M000_598
    4601   INT: M000_599
    4602   INT: M000_600
    4603   INT: M000_601
    4604   INT: M000_602
    4605   INT: M000_603
    4606   INT: M000_604
    4607   INT: M000_605
    4608   INT: M000_606
    4609   INT: M000_607
    4610   INT: M000_608
    4611   INT: M000_609
    4612   INT: M000_610
    4613   INT: M000_611
    4614   INT: M000_612
    4615   INT: M000_613
    4616   INT: M000_614
    4617   INT: M000_615
    4618   INT: M000_616
    4619   INT: M000_617
    4620   INT: M000_618
    4621   INT: M000_619
    4622   INT: M000_620
    4623   INT: M000_621
    4624   INT: M000_622
    4625   INT: M000_623
    4626   INT: M000_624
    4627   INT: M000_625
    4628   INT: M000_626
    4629   INT: M000_627
    4630   INT: M000_628
    4631   INT: M000_629
    4632   INT: M000_630
    4633   INT: M000_631
    4634   INT: M000_632
    4635   INT: M000_633
    4636   INT: M000_634
    4637   INT: M000_635
    4638   INT: M000_636
    4639   INT: M000_637
    4640   INT: M000_638
    4641   INT: M000_639
    4642   INT: M000_640
    4643   INT: M000_641
    4644   INT: M000_642
    4645   INT: M000_643
    4646   INT: M000_644
    4647   INT: M000_645
    4648   INT: M000_646
    4649   INT: M000_647
    4650   INT: M000_648
    4651   INT: M000_649
    4652   INT: M000_650
    4653   INT: M000_651
    4654   INT: M000_652
    4655   INT: M000_653
    4656   INT: M000_654
    4657   INT: M000_655
    4658   INT: M000_656
    4659   INT: M000_657
    4660   INT: M000_658
    4661   INT: M000_659
    4662   INT: M000_660
    4663   INT: M000_661
    4664   INT: M000_662
    4665   INT: M000_663
    4
```

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 (PCU), 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 в 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).

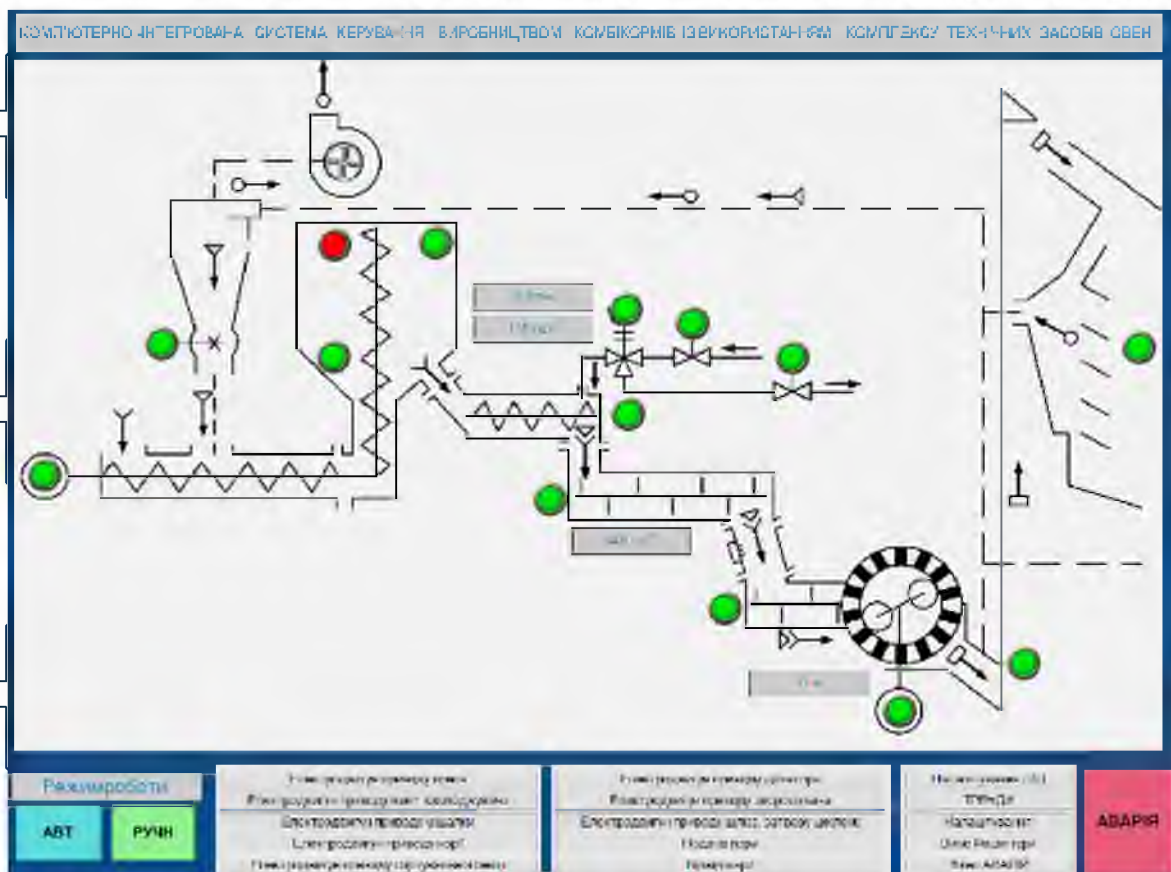


Рисунок 5.21 – Головний екран СКАДА системи виробництва комбікорму

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 використовувади «ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в

електрических схемах» (станом на 01.01.2019 не дійсний).

При розробці схеми використовуємо наступні правила:

- схему з'єднання 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 в занесемо в таблицю всі елементи схеми електричної принципової з зазначенням інтенсивності їх відмови (табл. 5.1).

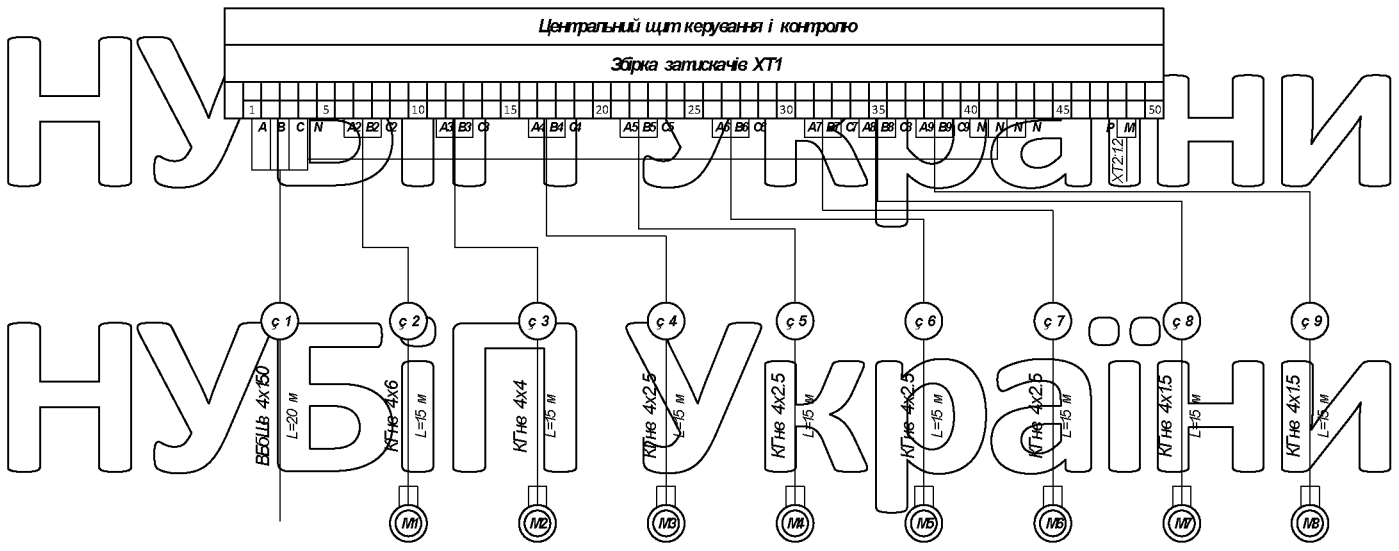
Результуюча інтенсивність відмови всіх елементів буде становити:
 $\lambda_{\Sigma} = 71,398 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

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

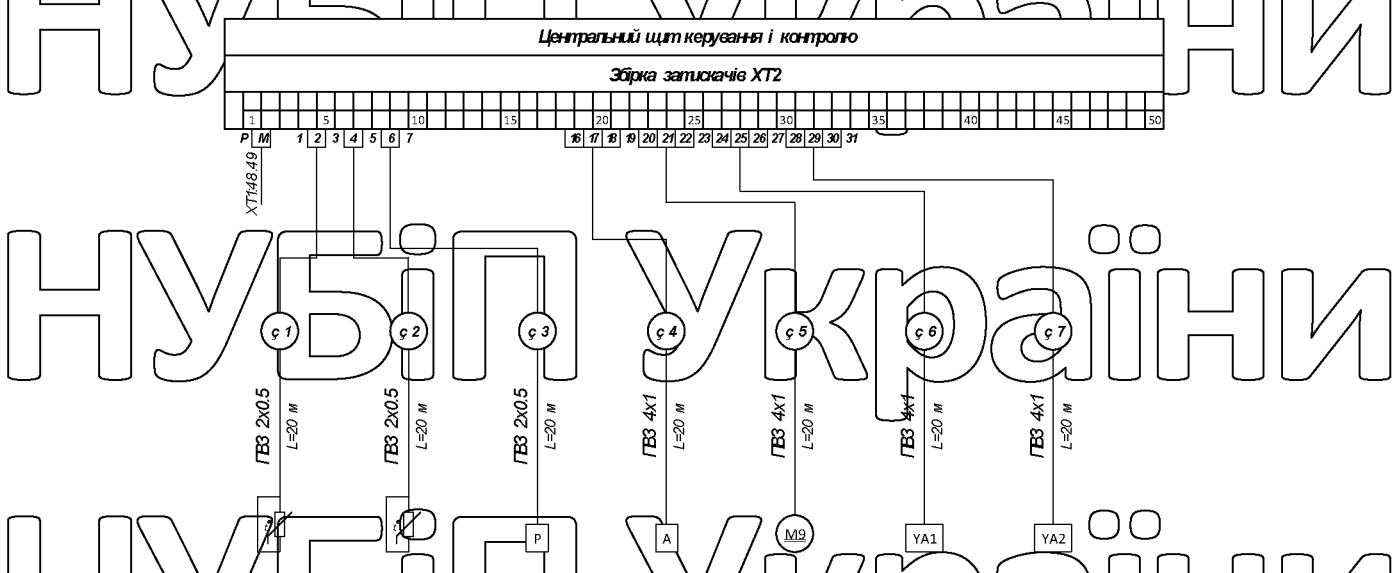
$$P_{\text{рез}}(1000) = e^{-71,398 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3} = 0,9310912.$$

Таблиця 5.1 – Розрахунок всіх параметри САК виробництвом комбікормів на надійність

№	Пайменування	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



Назва обладнання	Щит живлення	Електропривід привою преса	Електропривід привою вент. ос.	Електропривід привою мийки	Електропривід привою наріі	Електропривід привою сортсек.	Електропривід привою дозатора	Електропривід привою змішувача	Електропривід привою шліф.зат.
Тип	БМ 80П	22 кВт	11 кВт	2.2 Вт	11 кВт	1.1 кВт	1.1 кВт	0.75 кВт	0.75 кВт



Назва обладнання	Термопір	Термопір	Датчик тиску	Датчик струму	Виконавчі механізми	Електромагнітний клапан	Електромагнітний клапан
Тип	ТДТ-1088 АС	ТДТ-1088 АС	ХМЛС016D21	-	Autoran CHQ	Е10	Е10

Рисунок 5.23 – Схема підключень САК виробництвом комбікормів

РОЗДІЛ 6.

КОШТОРИСИ РОЗРАХУНКИ

НУБІП України

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 занесимо формули та результати розрахунків в EXCEL (рис. 6.1-2).

№	Назва обладнання	Тип	Кількість	Ціна штг	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	IK60N 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	MU110-224.6V	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	MCQ-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 окупасться 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

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 7.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

НУБІП України

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 організації) 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.

НУБІП України

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 антресоля, конторки та інші вбудовані приміщення з горючих матеріалів і листового металу.

2.8. Прямки 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) влаштовувати 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 леки) 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 електровстановлювальними 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 легкозаймісті) 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 дільницях, 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 води, 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 екладами;

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 5 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) допарно 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 загареє 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 samozаймання 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 скопчилися 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, захарашення 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 газорізальні 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.

6. Особи, відповідальні за забезпечення пожежної безпеки.

6.1 Відповідальні за пожежну безпеку приміщень (зазначається посада, ПІБ) 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 пожежонебезпечних 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.

НУБІП України

ВИСНОВКИ

НУБІП України

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 проєкті 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.

НУБІП України

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

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Артюшин А.О., Ренсевич О.О. Виробництво гранульованих і брикетованих кормів. К. : Урожай. 1980 88 с.
2. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. - М.: Агропромиздат, 1996.
3. Гірник М. А. Механізація та автоматизація післязбиральної обробки зерна. - К.: Урожай, 1970. - 190 с.
4. ГОСТ 22834-87. Комбикорма гранулированные. Общие технические условия (Комбікорми гранульовані. Загальні технічні умови). [Дата введення 1988-07-01] – М. : Издательство стандартов, 2002. – 4 с.
5. ГОСТ 28497-90. Комбикорма, сырье гранулированные. Методы определения крошимости (Комбікорми, сировина гранульовані. Методи визначення кришимості). – [Дата введення 1991-01-01] – М.: Стандартинформ, 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. Дюрдієв В.Т. АСУТП малогабаритних комбікормових установок // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К: 2000. - Ч.5. - С. 84-87.
9. Дюрдієв В.Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК: Навчальний посібник / М-во освіти і науки України. – Сімферополь, 2003. – 138 с.
10. Дюрдієв 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., Восцька 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. Чернущенко, В. Решетюк, В. Мірошник, Н. Засяб, С. 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. Фісичін та ін. / Під ред. В.А. Крохіної. - К.: Урожай, 1990. – 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., Цербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. - Тернопіль: Підручники & посібники, 2001. – 977с.
17. Мартыненко И.И., Головинкий Б.Л., Проценко Р.Д., Резниченко Т.Ф. Автоматика и автоматизация производственных процессов. М.: 1985. - 336с.
18. Мартыненко И.И., Лысенко В.Ф. Проектирование систем автоматизации. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1990 г. - 243 с.
19. Машины и оборудование для производства комбикормов: справочное пособие / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.А. Бортник, Ю.А. Пономаренко. – Мн. : Экоперспектива, 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, 1980. – 24 с.
21. Навчальне видання: Методичні вказівки щодо оформлення матеріалів курсової роботи з дисциплін: "Проектування систем автоматизації", "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 автоматизації: 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. Лаврінченко, 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_elektrodvigatelei_air/
28. Правила гранулювання біомаси: поради початківцям. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://artmash.ua/article/pravila-granulirovaniya-biomasy-poleznye-sovety-novichkam>

ДОДАТКИ

НУБІП України

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	1000...1200
діаметр гранул 14 мм	1200...1300
- на комбікормі, якщо	
діаметр гранул 3,2мм	до 1500
діаметр гранул 4,8мм	до 3000
діаметр гранул 7,5мм	до 5000
діаметр гранул 10,0мм	до 6000
Маса, кг	5400
Габаритні розміри, мм:	
довжина	5385
ширина	4400
висота (без вихлопних труб)	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 7,5 кВт/1500 об/хв., 3х380В	привод преса
2	Електродвигун 11 кВт/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 порі
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 пневматичного затвору циклону

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України