

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КСУ

_____ Леонтъев П.В.

_____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: **“Автоматизація процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію”**

(Дипломний проект)

Керівник проекту:

к.ф.-м.н., доцент

Журба В.О.

Дипломник:

Студентка групи СУ-81

Алад'єва С.Е.

Суми - 2022

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Кількість	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1.	A4		Завдання кафедри <u>Новорозроблена</u>	2		
2.			Реферат	1		
3.	A4	SU81.6.151.01T3	Технічне завдання	2		
4.	A4	SU81.6.151.01ПЗ	Пояснювальна записка	35		
			<u>Документація</u>			
5.	A0	SU81.6.151.01.A2	Схема функціональна автоматизації	1		
6.	A0	SU81.6.151.01.E4	Схема електрична з'єднань	1		
7.			Алгоритми роботи програм	3		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01 ВД		
Розроб.		Алад'єва С.Е					
Перевір.		Журба В.О				2	
Реценз.					СумДУ		
Н. Контр.							
Затвердив.		Леонтьєв П.В.					
					Автоматизація процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію		
					Відомість проекту		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Леонт'єв П.В.

_____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Алад'євій Софії Едуардівні

1. Тема проекту: Автоматизація процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію. Затверджено наказом ректора університету. №0360-VI від "17" травня 2022р.
2. Термін здавання студентом закінченого проекту "04" червня 2022 р.
3. Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація, електронні ресурси.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз актуальності та технологій предметної області, система керування процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію, вибір технічних засобів автоматизації, комп'ютерно-інтегрована система управління процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію.
5. Перелік графічних матеріалів: 24 рисунка, 12 таблиць, 2 додатка.
6. Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Конструктивно-технічний аналіз об'єкта.	15.04.22 – 18.04.22
2	Опис об'єкту автоматизації. Задачі управління процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію. Аналіз відомих технічних рішень.	19.04.22 – 26.04.22
3	Розробка схем автоматизації.	27.04.22 – 08.05.22
4	Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації.	09.05.22 – 19.05.22

5	Розробка алгоритмів управління процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію.	20.05.22 – 25.05.22
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	26.05.22 – 04.06.22

7. Дата видачі завдання “15” квітня 2022р.

Керівник проекту:

Журба В.О.

Посада, науковий ступінь:

Доцент, к.ф.-м.н.,

До виконання прийняв:

студент групи СУ-81

Алад’єва С.Е.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедри КСУ

_____Леонтєв П.В.

_____2022р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Для проекту

“ Автоматизація процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію”

Керівник проекту:

к. ф.-м. н., доцент

Журба В.О.

Дипломник:

Студент групи СУ-81

Алад'єва С.Е.

Суми - 2022

1. Назва і галузь застосування:

Автоматизація процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію.

Галуззю застосування є хімічна промисловість, зокрема процеси виробництва хімічних добрив. При відповідній доробці може бути використана в інших галузях, де виробляються гранульовані продукти.

2. Підстави для проектування: завдання кафедри затверджене наказом ректора Сумського державного університету № від . .2022.

3. Мета роботи:

Розробка прототипу системи керування процесом грануляції матеріалів. Підвищення ефективності технологічного процесу грануляції шляхом використання енергозберігаючих алгоритмів керування.

4. Джерела розробки:

4.1. Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений М., Химия, 1975, 224с

4.2. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. М., Химия, 1982, 272с

4.3 Технологічна документація цеху складних мінеральних добрив ВАТ "Суми Хімпром".

5. Технічні вимоги:

Завдання керування	Діапазон	Точність
Регулювання температури агента сушіння	400-800°C	2%
Регулювання витрат агента сушіння	10 м3/год	5%
Підтримання Тиску повітря при дозуванні пульпи	3 бар	2%
Стабілізація Витрати пульпи	0...20 м3/год	3%
Стабілізація Тиску пульпи	2 bar	2%
Регулювання Вологості відпрацьованих газів	30-60%	5%
Регулювання Швидкості переміщення стрічки	0..2м/хв	2%
Регулювання Маса КСl, що подається на дозуванні	100-150 кг	5%

6. Склад засобів автоматизації:

Первинні перетворювачі параметрів процесу грануляції відповідно до переліку параметрів.

Виконавчі механізми та органи керування відповідно до переліку параметрів

Панель оператора АРМ

Програмно-алгоритмічне забезпечення – відповідно до сформульованих завдань керування.

Мікропроцесорні засоби, що забезпечують функціонування SCADA системи та візуалізацію параметрів процесу грануляції.

7. Умови експлуатації

Кліматичні умови експлуатації засобів автоматизації повинні відповідати нормальним умовам(температура 20-30°C , відносна вологість 60%).

Засоби Автоматизації забезпечувати змінні режими роботами, що забезпечують плавні запуску режимів грануляції та перериви на переналаштування.

8. Стадії та етапи проектування:

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання (початок-кінець)
1	Розробка ТЗ	
2	Розробка інформаційного забезпечення	
3	Розробка функціональної схеми	
4	Вибір засобів автоматизації	
5	Розробка алгоритму керування	
7	Технічне оформлення проекту	

Реферат

Алад'єва Софія Едуардівна. Автоматизація процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2022р.

Дипломний проект містить 49 аркушів пояснювальної записки, з урахуванням 24 рисунків, 12 таблиць, 2 додатки, розроблений алгоритми роботи.

На основі проведеного аналізу технологічного процесу вибрані канали керування та розроблена функціональна схема автоматизації об'єкту. Вибрані засоби автоматизації дозволяють побудувати SCADA систему процесу.

Abstract

Aladieva Sofia Eduardivna. Automation of the granulation process of potassium chloride mineral fertilizer. Degree project. Sumy State University. Sumy, 2022

The diploma project contains 49 sheets of explanatory note, taking into account 24 figures, 12 tables, 2 appendices, developed algorithms.

Based on the analysis of the technological process, control channels are selected and a functional scheme of object automation is developed. Selected automation tools allow you to build a SCADA process system.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КСУ

_____ Леонт'єв П.В.

_____ 2022р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

До дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему:

“Автоматизація процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію”

Керівник проекту:

к. ф.-м. н., доцент

Журба В.О.

Дипломник:

Студент групи СУ-81

Алад'єва С.Е.

Суми - 2022

Зміст

Вступ.....	4
1. КОНСТРУКТИВНО –ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ	
1.1 Технологічна схема процесу грануляції	6
1.2 Функціональні завдання керування обладнанням грануляції	11
2. ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ	13
2.1 Дозування КСІ.....	14
2.2 Дозування і розпилення пульпи	15
2.3 Керування сушінням та охолодженням грануляту	16
2.4 Перелік вхідних та вихідних параметрів об'єкта керування	17
3. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	19
3.1 Вибір засобів контролю	19
Ошибка! Закладка не определена.	
3.2 Вибір регулюючих органів та виконавчих механізмів.....	30
3.3 Вибір мікропроцесорних засобів.....	35
3.4 Програмне забезпечення системи керування процесом грануляції	35
Ошибка! Закладка не определена.	
4. ПОБУДОВА SCADA СИСТЕМИ.	44
ВИСНОВКИ	47
ЛІТЕРАТУРА	48

					СУ-81.6.151.01 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Алад'єва С.Е.</i>				<i>Автоматизація процесу грануляції мінерального добрива хлористого калію</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Журба В.О.</i>						2	47
<i>Реценз.</i>						СумДУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив.</i>	<i>Леонтьєв П.В.</i>							

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце.

БГСХ – барабанний гранулятор сушарка холодильник

ДТ - давач тиску

МК- мікроконтролер.

КСІ – хлористий калій

ОК – об'єкт керування.

ПЛК – програмований логічний контролер

ВО – виконавчий орган.

ПЧ- частотний перетворювач

САР - система автоматичного регулювання

ТП- технологічний процес

ПЗО - пристрій зв'язку з об'єктом.

ШІМ- широтно-імпульсний модулятор

						Арк
						3
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	

Вступ

Серед промислових виробництв випуск мінеральних добрив є одним з найбільш енергоємних. Енергетичні витрати у собівартості окремих видів продукції цієї галузі становлять приблизно третину. Підвищення енергетичної ефективності пов'язане з необхідністю розробки принципово нових видів обладнання для виробництва мінеральних добрив, у тому числі тепломасообмінних апаратів, фільтрів, перемішують пристроїв, грануляторів та ін.

В даний час тенденції розвитку технічного забезпечення більшості відомих процесів технології добрив визначилося, і прогрес у цій галузі техніки розвивається шляхом модернізації існуючого обладнання [1]. Це умова, без виконання якої утримати конкурентні позиції на внутрішньому та зовнішньому товарному ринках неможливо.

Тому хімічна галузь України, відповідно до тенденцій розвитку технічного забезпечення діючих виробництв, постійно стикається з необхідністю технічної модернізації виробництва та ефективного ресурсозбереження, що є актуальним напрямком розвитку.

Комплекс основних завдань, що вирішуються на хіміко-технологічних виробництвах для забезпечення їх ефективної та безперебійної роботи, визначає особливе місце для задач автоматизації. Ефективне вирішення цих завдань - один з найбільш значимих факторів, що визначають загальну ефективність управління хімічним підприємством.

Необхідність реконструкції АСУТП та переходу на сучасну мікропроцесорну техніку обумовлена тим, що:

- підйом виробництва обов'язково повинен бути пов'язаний з технічним переобладнанням, а підвищення якості продукції та екологічності виробництва добрив неможливе без застосування сучасних засобів автоматизації технологічних процесів;
- відсутня необхідна ємність пристроїв зв'язку з об'єктом (УСО) для підключення нових додаткових параметрів контролю та управління;
- морально та технічно застаріли засоби представлення та архівації інформації;

						Арк
						4
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	

- сучасні засоби мають менше енергоспоживання і більш високий показник надійності.

Автоматизація на базі мікропроцесорної техніки дозволяє реалізувати якісно нову технологію і підвищити ефективність виробництва за рахунок:

- підвищення обсягу продукції, що випускається;
- зниження витрат сировинних та енергетичних ресурсів за деякими статтями витрат на ТП;
- підвищення якості продукції, що випускається;
- скорочення простоїв через неполадки;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання.
- використання мінімальної кількості працівників, необхідних для підтримання ТП в робочому стані та ліквідації аварійних ситуацій.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	5

1. КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

1.1 Технологічна схема процесу грануляції.

Складні добрива містять одночасно два або три поживні елементи, необхідні рослинам (азот, фосфор, калій), у різних пропорціях. Залежно від відсоткового складу компонентів добрива використовують різні технології отримання кінцевого продукту.

Отримання суміші сировинних компонентів з необхідним співвідношенням всіх поживних елементів, грануляція і сушіння NPK-добрива марки 15:15:15 проводиться в барабанних грануляторах сушарках холодильниках (БГСХ), пристрій яких дозволяє проводити зазначені процеси в єдиному комплексі.

Спосіб *гранулювання порошкоподібних* добрив у грануляторах барабанного типу та в інших подібних апаратах набув широкого розвитку у зв'язку зі швидким збільшенням виробництва та розширенням асортименту добрив.

Процес *гранулювання з пульпи* має переваги в порівнянні з процесом напівтвердої грануляції: швидкість взаємодії вихідних матеріалів у розчині, простота регулювання виробничого процесу, можливість широкого варіювання складу одержуваних добрив [2] .

При грануляції з пульпи можна використовувати більш дешеву сировину, наприклад фосфорити, аміак, азотну кислоту, тоді як у процесі напівтвердої грануляції джерелом фосфору є суперфосфат та фосфорна кислота, а джерелом азоту – аміачна селітра та аміакати.

Основні недоліки процесу грануляції з пульпи - потреба в додатковому обладнанні для приготування пульпи та висока вартість видалення води при грануляції та сушінні гранул. Тим не менш, нерідко на заводах з виробництва комплексних добрив замість роздільної подачі аміаку та кислот у барабанний гранулятор вдаються до попередньої нейтралізації кислот аміаком. При цьому тепло нейтралізації використовується для концентрування розчину. Перевагою апаратів типу сферодайзер і БГСХ є можливість одночасного гранулювання та сушіння складних добрив-нітрофоски, нітроамофоски, аммофосу та ін.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	6

До основних переваг цього способу гранулювання відносяться:

- можливість здійснення процесу гранулювання при невеликій кратності ретуру (1-2 т на 1 т продукту);
- простота технологічної схеми та управління процесом;
- можливість переробки пульп з різним вмістом води та отримання гранульованого продукту із заданим розміром.

Головними параметрами, якими оцінюють якість готового продукту, є:

- розсипчастість;
- розмір гранул;
- хімічний склад вихідного продукту

Схема БГСХ, що призначається для гранулювання та сушіння, а також для класифікації та охолодження продукту(в залежності від конструкції), представлена на рис.1.

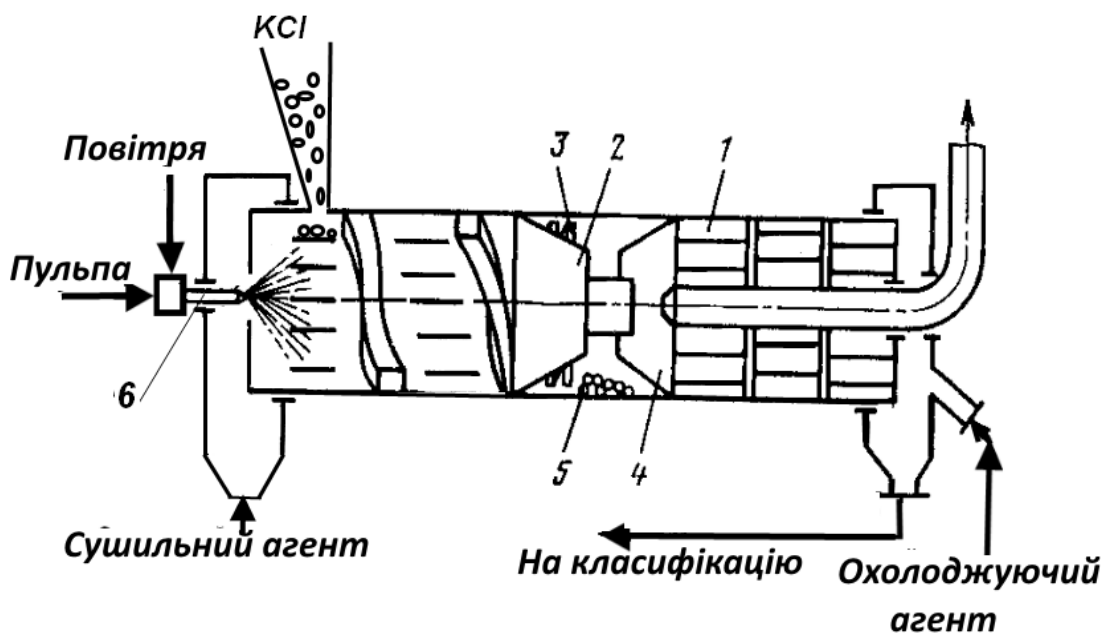


Рис. 1– Схема БГСХ

БГСХ являє собою нахилений в бік вивантаження барабан, який обертається зі швидкістю 3-5 об/хв. Передня частина барабана має зворотній шнек з лопатевою насадкою. Повітря, яке подається на форсунку, розпорошує пульпу, що надходить на завісу матеріалу (КСІ). Гранули, що утворилися, пройшовши зону сушіння, потрапляють на конічний класифікатор, з якого частина гранул шнеком повертаєть-

ся в головну зону апарата, а інша частина потрапляє в хвостову зону барабана, в якій змонтовано секторну насадку (конус 2). У цю ж зону (камера 1) протитечею подають холодне повітря, що охолоджує продукт. Потім повітря змішується з відпрацьованим сушильним агентом і виводиться по центральній трубі з БГСХ.

Для більш якісного і надійного поділу гранул продукту по фракціях на зовнішній поверхні конуса 2 розташований шнек 3. Крім того, передбачено додатковий усічений конус 4, який встановлюється за конусом 2. Велика фракція, що відділилася на конусах 2 і 4 дробиться в подрібнювачі 5, що розташований між конусами.

У процесі гранулоутворення визначальною є робота форсунки 6, яка розпорошує пульпу. Застосовувані конструкції форсунок внутрішнього змішування із завихрювачами потоків розрізняються місцем введення стисненого повітря способами регулювання дисперсності розпилу та очищення рідинного каналу.

Для диспергування пульп зазвичай використовують холодне стиснене повітря при тиску 0,2-0,4 МПа, витрата повітря становить 60 -70 м³/годину рідини. При цьому площа зрошення завіси в поперечній площині факела невелика, що обумовлено невеликим кутом розкриття факела. Основний контакт рідини і матеріалу відбувається вздовж осі факела, що глибоко розвивається в завісі. Оскільки контакт факела форсунки з частинками завіси здійснюється по його поверхні, форсунку налаштовують так, щоб максимальна кількість рідини у факелі також знаходилося в цій зоні.

Аналіз роботи БГСХ показує [3], що найбільша інтенсивність сушіння припадає на зону розпилювання пульпи. Для інтенсифікації роботи БГСХ, особливо при переробці концентрованих пульп, необхідно підвищувати ступінь рівномірності та швидкості змішування пульпи з твердими частинками КСІ.

Зовнішній рецикл (ретур) вводять в циліндричну камеру, в яку тангенціально подають сушильний агент, а по вісі розпилюють пульпу. Турбулізація потоків забезпечує змішання рідкої і твердої фаз та рівномірне змочування останньої, що дозволяє поліпшити тепло- і масообмін, повністю використовувати рецикл, що подається, і тим самим скоротити його витрати.

Технологічна схема грануляції NPK-добрива наведено на рис. 2.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	8

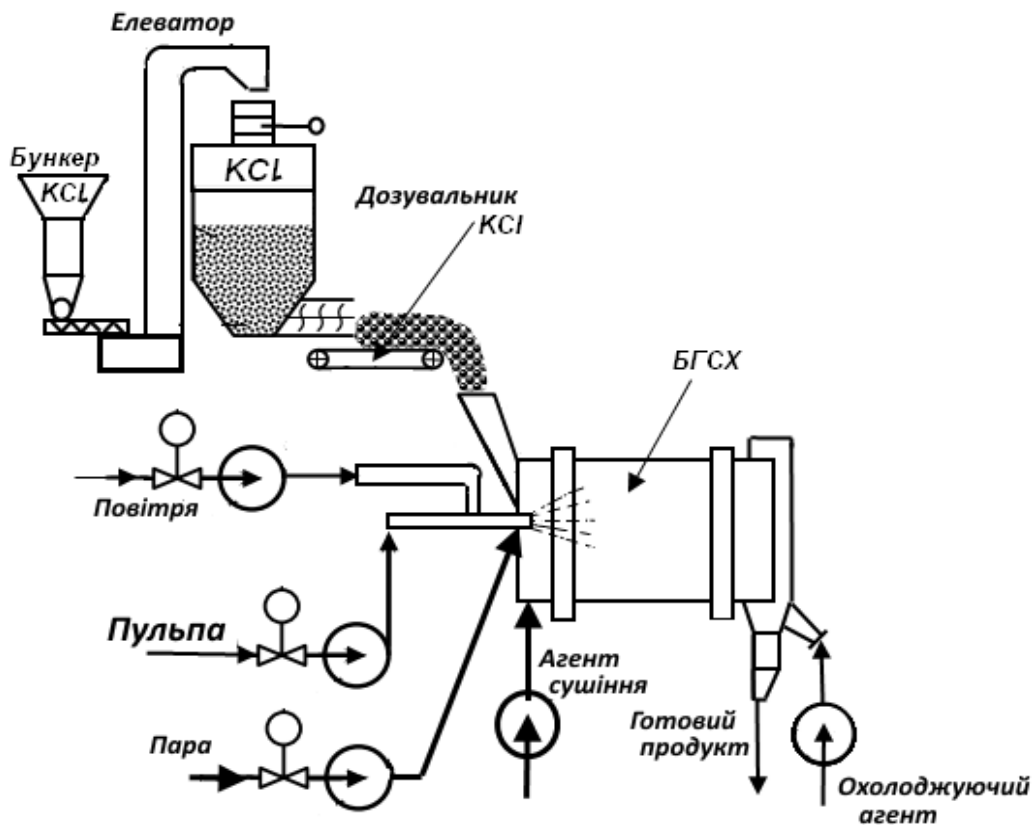


Рис. 2. – Технологічна схема грануляції NPK-добрива.

З бункера хлористий калій елеватором подається на дозувальник. З дозувальника він надходить на гвинтовий конвеєр, звідки завантажується в скребковий конвеєр, а потім в апарат БГСХ.

Одночасно по трубопроводу відцентровими насосами на форсунку апарату БГСХ зі збірника подається пульпа, що містить азотні та фосфорні компоненти добрива, які отримані на інших стадіях технологічного процесу. Надлишкова частина пульпи повертається назад у збірник.

Для розпилення пульпи на форсунки апаратів БГСХ постійно подається стиснене технічне повітря з тиском 1-3 бар. З метою очищення форсунки від солей, що викристалізувалися, до неї підведена пара для пропарювання.

Внаслідок розпилення пульпи на завісу матеріалу KCl утворюються гранули. Ці гранули омиваються з усіх боків сухим агентом, тому протягом короткого часу втрачають вологу з поверхні, що перешкоджає злипанню окремих частинок. При цьому гранули укрупнюються, набувають сферичної форми, потім здійснюється подальше видалення вологи з внутрішніх шарів частинок з одночасним їх обкату-

ванням і ущільненням. Завдяки розвиненій поверхні контакту гранул і агента сушіння, а також при достатньому значенні рушійної сили процесу (різниця тиску парів води біля поверхні матеріалу і парціального тиску пари в повітрі), створюються сприятливі умови для тепло-і масообміну.

Істотний вплив на процес гранулювання в апараті БГСХ надають фізико-хімічні властивості пульпи, що гранулюється (в'язкість, вміст вологи та ін.) при подаванні агента сушіння.

Пройшовши зону сушіння, гранули потрапляють на конічний класифікатор, з якого частина з них повертається шнеком в головну зону апарату, а інша частина потрапляє в хвостову зону барабана, з секторною насадкою.

У цю ж зону протитечією подають холодне повітря, що охолоджує продукт. Потім повітря змішується з відпрацьованим агентом сушіння і виводиться по центральній трубі з БГСХ.

З апарату БГСХ висушений продукт надходить у елеватор, звідки подається до складу готової продукції.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	10

1.2 Функціональні завдання керування обладнанням грануляції

Промислова експлуатація барабанних грануляторів і сушильних барабанів показує, що на стійку роботу такої технологічної системи впливає велика кількість факторів [4]. З аналізу технологічного процесу грануляції випливає, що для забезпечення якості складного добрива NPK, необхідно виділити головні параметри, які впливають на розсипчастість і розмір гранул.

Процес гранулювання в БГСХ починається в зоні розпилу, де краплі диспергованої пульпи підсушуються і потрапляють у завісу дозованого KCl. Дрібні краплі, що висушені менше, можуть у подальшому служити зародками - центрами гранулоутворення. Змінюючи число центрів гранулювання, що подаються в одиницю часу в об'єм гранулятора, можна змінювати співвідношення процесів гранулювання обвалюванням на готових гранулах (із зростанням їх діаметра) і гранулювання агломерацією і обвалюванням нових центрів. Природно, що як надмірне збільшення, так і надмірне зменшення подачі ретурю призводить до зниження питомого виходу товарної фракції (1-4 мм):

в першому випадку-в результаті збільшення загальної кількості гранул продукту і зменшення очікуваного діаметра гранул, тобто підвищення частки дрібних фракцій в продукті;

у другому випадку внаслідок укрупнення гранул та підвищення частки великих фракцій у продукті.

Тому першорядним завданням отримання якісного добрива є підтримання співвідношення дозований компонент KCl/пульпа, що дозується.

Відповідно, для підтримки цього співвідношення потрібно забезпечити як точність регулювання подачі KCl (дозування), так і умови розпилення пульпи, які залежать від параметрів пульпи і тиску стисненого повітря, що забезпечує розпилення.

Розсипчастість гранул залежить від властивостей процесу взаємодії компонентів, тобто. інтенсивності тепло- та масообміну в апараті БГСХ. Тепло- і масообмін визначається інтенсивністю взаємопроникнення зустрічних потоків компонентів добрива і теплоносія, що обумовлює зміну поверхні контакту (зрошуваної повер-

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	11

хні) та відносної швидкості між частинками матеріалу та теплоносія. Підвищення інтенсивності зазначених процесів призводить до збільшення числа та питомого виходу дрібних гранул (велика розсіпчастість), а зниження інтенсивності - до налипання продукту.

Наступним фактором, що формує якість добрива в процесі грануляції, є режим сушіння гранул, що утворюються [5]. Швидкість випаровування вологи визначається швидкістю переміщення газів, що надходять з газу - повітряного калорифера. Таким чином, кінетика зростання гранул залежить від різниці температур агента сушіння на вході та виході з апарату. Тому функціональним завданням управління кінетикою зростання гранул є підтримка температурного та режиму витрат агента сушіння.

Оптимізація фізико-механічних параметрів добрива, таких, як міцність, щільність і пористість здійснюється на етапі охолодження гранульованого удобрення. Гранули, пройшовши конічний класифікатор, частково повертаються шнеком у головну зону апарату, а інша частина в хвостовій зоні барабана обробляється агентом охолодження, який подається в цю зону протитечією. Функціональним завданням етапу охолодження є отримання заданої швидкості охолодження продукту, яка забезпечується значенням температури і величиною витрат охолоджуючого агента.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	12

2. ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І БЛОКУВАННЯ

2.1 Дозування КСІ

Складність побудови регулятора дозуванням полягає в тому, що крім збурень по неоднорідності щільності і маси продукту КСІ, у схемі діють збурення тракту протягування стрічки конвеєра (тертя в підшипниках, неоднорідність стрічки), головним з яких є прослизання стрічки транспортера в тракці. Для контролю прослизання встановлюються давачі швидкості обертання валу і стрічки. У разі змін швидкості обертання двигуна, регулятор переміщення стрічки транспортера стабілізує значення швидкості, мінімізуючи прослизання.

Схема контуру регулювання дозуванням КСІ представлена на рис. 3.

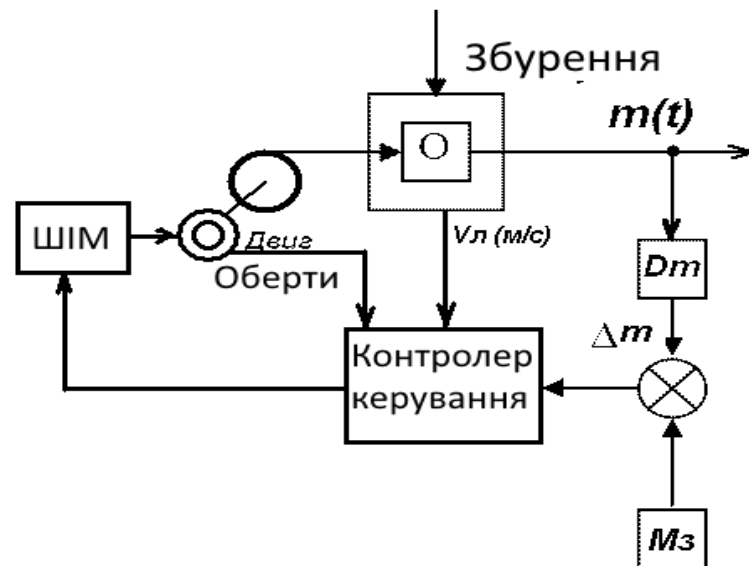


Рис. 3 – Схема системи управління дозуванням КСІ.

Величина дозування компоненту визначається пристроєм на вході регулятора – задавачем Мз.(З виходу МК). За допомогою ваговимірального давача, встановленого на конвеєрі, порівнюючий пристрій видає сигнал на регулятор, куди надходить інформація від давача лінійної швидкості транспортера. Регулюючий вплив коригується (при ковзанні) по сигналу давача швидкості обертання приводного двигуна транспортера.

Керуючий сигнал з контролера, який видається на перетворювач ШІМ, обчислюється виходячи із співвідношення:

$$m(t) = \rho * V(t) = \rho * S * l / t = \rho S v, \quad (1),$$

де ρ - щільність KCl ;

$V(t)$ - зміна об'єму матеріалу, що дозується, в часі;

S - переріз матеріалу, що дозується;

$l/t = v$ - швидкість переміщення конвеєра, де l -довжина конвеєра.

З рівняння (1) видно, що для підтримки заданої величини дозування KCl необхідно з урахуванням сигналів від ваговимірювального датчика, датчика швидкості обертання приводного двигуна конвеєра і датчика швидкості стрічки керувати швидкістю переміщення стрічки транспортера.

Додатковою функцією контуру керування дозуванням є контроль та сигналізація рівня KCl у бункері. Для цього передбачається встановлення датчиків верхнього і нижнього рівня продукту у бункері, а керування значенням рівня ведеться за допомогою положення засувки (рис. 4)

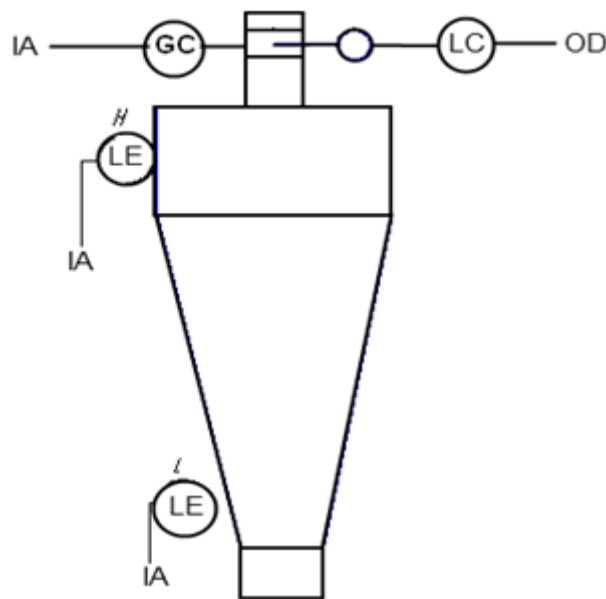


Рис. 4 – Контур регулювання рівня KCl

IA -аналогові входи МК; OA -аналогові виходи МК;

OD -дискретні виходи МК.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	14

2.2 Дозування і розпилення пульпи

Керування процесом дозування пульпи проводиться з метою забезпечення параметрів процесу гранулювання БГСХ. Для цього формується контур регулювання тиском повітря, яке розпорошує пульпу і контур регулювання витрати пульпи, що подається в зону розпилення. Функціональна схема управління процесом наведена на рис. 5

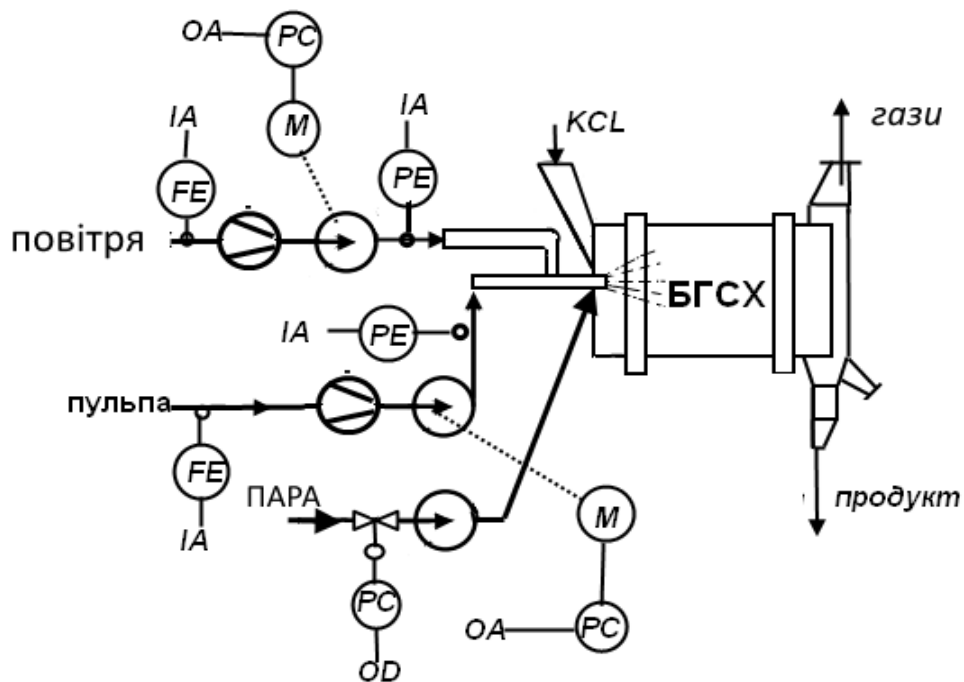


Рис. 5 – Схема першого ступеня установки

IA-аналогові входи МК; OA-аналогові виходи МК;

OD-дискретні виходи МК.

Крім зазначених контурів в апарат БГСХ, у разі необхідності, для очищення форсунок від солей, що викристалізувалися, подається пара для пропарювання. Регулювання здійснюється за допомогою насосів, керованих вихідними сигналами МК на підставі сигналів, що отримуються від давачів тиску та витрат.

Завдання значень витрати пульпи здійснюється відповідно до значення витрати *KCl*, що подається на дозування і розпилення.

2.3 Керування сушінням та охолодженням грануляту

Мета автоматизації процесів сушіння і охолодження грануляту полягає у отриманні заданої швидкості проходження агентів сушіння та охолодження за рахунок підтримки заданої температури і вологості на виході БГСХ, яка здійснюється за допомогою технологічного обладнання, яке керується сигналами з МК.

Функціональна схема автоматизації сушіння та охолодження грануляту наведено на рис. 6.

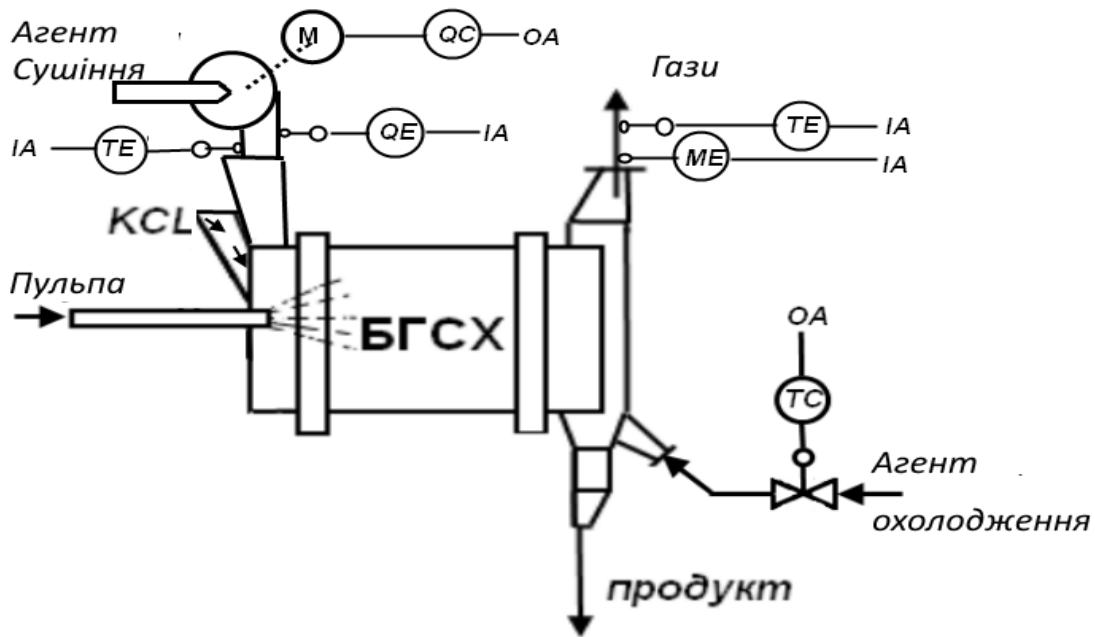


Рис. 6 – Функціональна схема регулювання процесів сушіння та охолодження

Оптимізація процесу гранулювання в БГСХ полягає в підборі режиму, що забезпечує необхідний гранулометричний склад при максимальній продуктивності апарату. Це досягається вибором параметрів процесу, здатних підвищити економічність процесу сушіння за рахунок підтримки необхідного рівня вологості при сушінні.

Випаровування вологи, що надходить з розчином, залежить від ступеня контакту крапель з теплоносієм і його температури, яка врівноважується відведенням тепла агентом охолодження.

Керування температурним режимом процесу сушіння та охолодження в апараті БГСХ здійснюється шляхом регулювання витрати сухого агента та температури та вологості газів на виході з апарату.

Це керування реалізується на основі контурів, утворених сигналами від давачів температури, вологості, витрати і виконавчих механізмів - засувки, що змінює витрату охолоджуючого агента, а також вентилятора, що регулює витрату агента сушіння.

Керуючі сигнали видаються з аналогових виходів МК ОА в результаті порівняння заданих оператором величин та поточних значень параметрів сушіння.

2.4 Перелік вхідних та вихідних параметрів об'єкта керування

В результаті аналізу контурів об'єкта керування (ОК) можна сформулювати перелік вхідних та вихідних сигналів, що визначають стан процесу грануляції. Перелік сигналів наведено в таблицях Табл.1 і Табл.2.

Табл. 1 – Вхідні сигнали

Параметр	Точка ОК	Діапазон вимірювань	Кільк точок	Характеристика сигналу
Температура агента сушіння	Трубопровід подачі агента сушіння	400-800 ⁰ С	1	4...20 mA
Витрати агента сушіння		10 м3/год	1	4...20 mA
Температура відпрацьованих газів	Трубопровід відпрацьованих газів	35-400 ⁰ С	1	4...20 mA
Вологість відпрацьованих газів		50%	1	4...20 mA
Тиск повітря	Дозувальник пульпи	3 bar	1	4...20 mA
Витрати повітря		0...50 м3/год	1	4...20 mA
Витрати пульпи		0...20 м ³ /год	1	4...20 mA
Тиск пульпи		2 bar	1	4...20 mA
Рівень бункеру	Дозувальник	H/L	2	Лог«0»/ «1»

Положення засувки бункера	<i>KCl</i>	0...90 ⁰	1	4...20 mA
Маса <i>KCl</i>		100-150 кг	1	4...20 mA
Швидкість обертання двигуна		1500об/хв	1	4...20 mA
Швидкість переміщення стрічки		0..2м/хв	1	4...20 mA

Табл. 2 – Вихідні сигнали

Параметр	Точка ОК	Діапазон	Параметр	Точка ОК
Швидкість обертання двигуна	Дозатор <i>KCl</i>	1500об/хв	1	4...20 mA
				Лог«0»/ «1»
Положення засувки бункера		0...100%	2	Лог«0»/ «1»
Тиск повітря	Дозувальник пульпи	3 bar	1	4...20 mA
				Лог«0»/ «1»
Тиск пульпи	Дозувальник пульпи	2 bar	1	4...20 mA
				Лог«0»/ «1»
Тиск пари	Очищення форсунки	0...100%	1	Лог«0»/ «1»
Подача охолоджуючого агента	Трубопровід подачі агента сушіння	0...100 %	1	4...20 mA
				Лог«0»/ «1»

З аналізу даних таблиці вхідних та вихідних сигналів випливає, що у нас використовується:

- 12 вхідних аналогових сигналів від давачів з діапазоном струму 4-20 mA;
- 4 аналогових вихідних сигналів керування;
- 6 дискретних вихідних сигналів керування.

3. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Технічне забезпечення системи керування є комплексом технічних засобів отримання інформації про стан технологічного об'єкта та засоби керування параметрами процесу [6]. При виборі виконавчих механізмів слід враховувати варіанти узгодження вихідних сигналів ПЛК із входами вибраних виконавчих механізмів.

На підставі розробленої функціональної схеми та таблиць вхідних і вихідних параметрів зробимо вибір засобів автоматизації, що забезпечують виконання сформульованих завдань.

3.1 Вибір засобів контролю

3.1.1 Контроль ваги хлористого калію.

Для контролю подачі хлористого калію у виробництво готового продукту можливе використання наступних датчиків:

а) Тензометричний датчик стиснення ДС-01

Технічний опис та технологічні характеристики.

Давач ваги має форму шайби з отвором в центрі. У колодязях корпусу розташовуються три циліндричні чутливі елементи. Збоку під захисною кришкою розміщується електронна плата. Через кабельне введення здійснюється підведення напруги живлення і передача телеметричної інформації:

цифрового сигналу у форматі інтерфейсу RS-485
і/або струмового сигналу 4 ... 20 мА.

Важливою перевагою датчика є розміщення електронної плати з мікроконтролером безпосередньо в корпусі.

Вихідний сигнал датчика може бути налаштований під протокол будь-якої системи телемеханіки, що має інтерфейс RS-485 або струмовий сигнал 4:20 мА.

б) Тензорезисторний давач ваги ДВ-01

Датчик ваги ДВ-01 призначається для вимірювання ваги в різних виробничих задачах на технологічних об'єктах і може використовуватися, наприклад, у балкових та платформних вагах. Вихідний сигнал давача – нормований цифровий у

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	19

форматі інтерфейсу RS-485.

Технічний опис

Пружний елемент давача ваги – балка консольного типу. Конфігурація балки дозволяє забезпечити номінальну і рівномірну деформацію на ділянках розташування тензорезисторів.

Вихідний сигнал давача може бути налаштований під протокол будь-якої системи телемеханіки, які мають інтерфейс RS-485, що дозволяє легко вбудовувати його в інформаційні вимірювальні системи.

Порівняльні характеристики давачів наведено у Таблиці 3.

Таблиця 3 – Основні технічні характеристики давачів ДС-01 та ДВ-01

Давачі	ДС-01	ДВ-01
Номінальне зусилля	20кН	2000 Н
Роздільна здатність	0,025%	0,5 %
Повна наведена похибка, не більше:	0,5%	1%
Температурна похибка, не більше:	0,5 %	0,55 %
Напруга живлення:	9:12В	9:12В
Діапазон робочих температур: :	-40:85°C	-40:85°C
Габаритні розміри:	-	215x22x55мм
Інтерфейс вихідного сигналу:	RS-485	RS-485
Максимальна довжина кабелю:	400	500:800 м
Максимальний струм, що споживається, не більше:	0,1 А	0,1 А
Виконання:	IP54	-

Порівнявши технічні характеристики давачів ДС-01 та ДВ-01, можна зробити висновок, що обидва давачі мають інтерфейс RS-485 для зв'язку з пристроєм керування. Але давач ДС-01 має більший запас по номінальному зусиллю і більшу точність вимірювань, тому для використання приймається тензометричний датчик стиснення ДС-01.3.1.2

3.1.2 Контроль швидкості переміщення стрічки

При виборі давача вимірювання лінійної швидкості транспортера слід врахувати діапазон значень-до $V = 2$ м/хв. Для таких значень швидкості використан-

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	20

ня тахометричних давачів типу ПП-114, ТЕ-2М неможливо, оскільки при малих обертах двигуна ~ 10 об/хв ($V = \omega R$) тахогенератори дають велику похибку, яка не дозволяє точно керувати лінійною швидкістю переміщення транспортера, відповідно забезпечувати необхідну точність дозування.

Для регулювання лінійної швидкості переміщення до 10м/хв стрічок і стрічко-во-протяжних трактів використовуються частотні давачі або енкодери, які видають до декількох тисяч імпульсів за один оборот електродвигуна, що забезпечує прийнятну чутливість і точність вимірювання.

Тому для вимірювання швидкості транспортера можливе використання наступних давачів:

енкодер з редуктором для вимірювання лінійних переміщень ENC-1, встановлений у тракті руху (рис. 7).



Рис. 7 – Енкодер ENC-1.

Характеристики енкодера ENC-1 наведені в Таблиці 4

Таблиця 4 – Основні технічні характеристики енкодера

Виробник	Autonics
Найменування	ENC-1
Роздільна здатність	1мм
Вихідний струм	30 мА
характеристика виходу	NPN ОК
Напруга живлення:	12 – 24 В
Ступінь захисту	IP50

Інкrementальний енкодер з порожнім валом **E40H8-500-2- 3-24** (рис. 8)

Діаметр корпусу 80мм;

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	21

Діаметр порожнього валу 30мм (стандарт) або 32мм (опціонально);



Рис. 8 – Енкодер E40H8-500-2-3-24

Живлення: 5 VDC або 12-24 VDC;

Тип виходу: універсальний, NPN відкритий колектор,
вихід по напрузі, диференціальний вихід;

Роздільна здатність: 60, 100, 360, 500, 512, 1024 імпульсів на оборот.

3.1.3 Контроль витрати пульпи.

Для вимірювання витрати пульпи можливе використання наступних датчиків:

а) Перетворювач витрати МЕТРАН-305ПР

б) Перетворювач витрати ІПРЕ-7

Область застосування: облік витрат рідких середовищ.

Характеристики витратомірів наведено у Таблиці 5

Принцип дії: при проходженні електропровідної рідини через магнітне поле в ній, як у провіднику, що рухається, наводиться електрорушійна сила, пропорційна середній швидкості потоку (витрати рідини).

Таблиця 5 Основні технічні характеристики ІПРЕ-7 та МЕТРАН-305ПР

Прилади	ІПРЕ-7	МЕТРАН-305ПР
Температура середовища	от 1 до 150°C	от 1 до 150°C
Тиск вимірюваного середовища	1,6 МПа	до 20 МПа
Напруга живлення	220 В, (50 +1) Гц	от 16 до 36 В
споживана потужність	не більше 10 ВА	
Межі вимірів витрати	0,1:50 м3/ч	0,4:200 м3/ч
Вихідний сигнал: струмовий	0 - 5 мА	4:20 мА
Відносна похибки вимірювань об'єму	до +0,5%	до +1,0%

Порівнявши технічні характеристики датчиків МЕТРАН-305ПР і ІПРЕ-7 можна зробити висновок, що датчик ІПРЕ-7 має більш високу точність вимірювань, так само має вихідний інтерфейс RS-232, що виключає необхідність додаткового перетворення сигналу. Отже, слід використовувати перетворювач витрати ІПРЕ-7.

3.1.4 Контроль температури охолоджуючого повітря

Для вимірювання температури повітря, що є агентом сушіння, можливе використання наступних давачів:

а) *Давач температури КТФ3* - Канальний термометр опору з прямою захисною трубкою і приєднувальною головкою з алюмінію. Призначається для вимірювання температури рідинних і газоподібних середовищ.

Основні характеристики датчика наведено у таблиці 6.

б) *Давач температури ЕТМ1*. Призначається для вимірювання температури рідинних і газоподібних середовищ

в) *Давач температури ДТ-1-А-25*, характеризується робочою температурою Труб = 50°C. Цей давач призначений для контролю температури газоподібних і рідких середовищ у технологічних апаратах хімічної, нафтохімічної, харчової, медичної та інших галузей промисловості, а також для контролю температури підшипникових вузлів агрегатів.

Таблиця 6

Тип давача	Діапазон	Основна похибка	Вих сигнал
ДТ-1-А-25 (п/п)	0-125°C	0,2%	0-5мА
КТФ3	-35...+300 °С	0,15 %	0-5мА
ЕТМ1	-30...+300 °С	0,3%	0-5мА

Порівнявши технічні характеристики давачів по Таблиці 6, можна зробити висновок, що прийнятним є давач температури ДТ-1-А-25, оскільки він має достатню точність вимірювань і більш пристосований для застосування в різних конструкціях хімічних апаратів.

3.1.5 Контроль температури повітря, що осушає

Діапазон температури повітря, що осушає продукт у БГСХ, становить 400 – 800°C, тому для контролю вказаної температури слід використовувати термоелектричні перетворювачі, які розраховані на вимірювання високих температур.

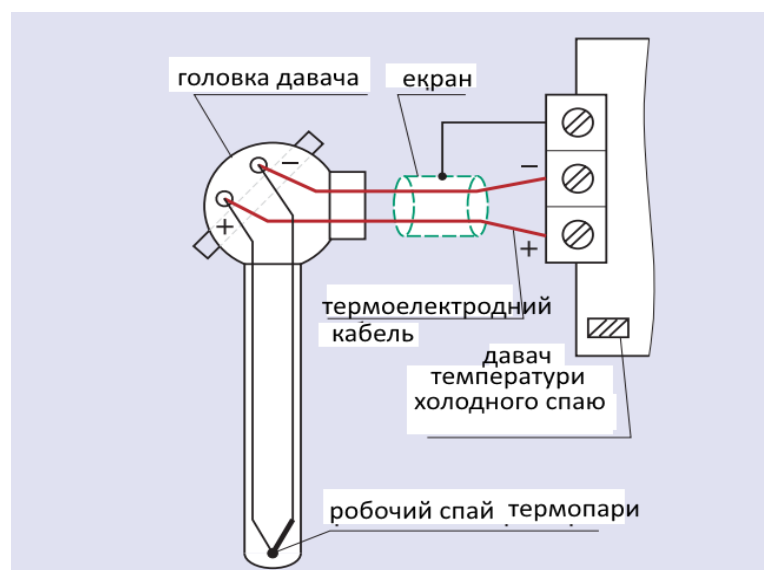
Найбільшого поширення набули типи термоелектричних перетворювачів (ТП), що перераховані у Табл. 7

Табл. 7

Тип перетворювача		Діапазон вимірювань
Платинородій-платина	ТПР	+300 ÷ +1600 °С
Платинородій-платина	ТПП	0 ÷ +1300 °С
Хромель-алюмелеві	ТХА	-50 ÷ +1000 °С
Хромель-копелеві	ТХК	-50 ÷ +600 °С

Для зазначеного діапазону вибираємо термопару ТХА. Щоб забезпечити узгодження сигналу ТП з входом МК, необхідно застосувати термоперетворювач ТХА У 123 К 2 І 800 400 310S 10 70А /0...1000/, який у діапазоні температур 0...1000 °С видає уніфікований сигнал 4 – 20 мА.

Схема підключення термопару до термоперетворювача показана на рис. 9. [7]



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рис. 9 – Схема підключення термопари

Робочий кінець термопари занурюється в середовище, температуру якого потрібно виміряти. Вільні кінці приєднуються до входу вимірювачів – регуляторів. Підключення термопар до вимірювального приладу виконується спеціальними подовжувальними (компенсаційними) проводами. В якості останніх використовуються два дроти з різних матеріалів, які підбираються так, щоб вони мали такі ж термоелектричні властивості, як і робоча термопара.

3.1.6 Контроль рівня

Для контролю процесів наповнення або спорожнення ємностей, бункерів, силосів та інших конструкцій із сипучими речовинами використовуються безконтактні ультразвукові, контактні, лопатеві, вібраційні давачі та сигналізатори. [8]

Ротаційний давач рівня.

Принцип роботи. Лопаті обертаються електродвигуном (1...5об/хв). (Рис. 10)



Рис. 10 – Ротаційний давач рівня

Внаслідок контакту з матеріалом обертальний рух гальмується. Реактивний момент, що виниклий при цьому, задіює мікровимикач, який відповідним вихідним сигналом відключає двигун. Як тільки лопать звільняється, двигун, за допомогою пружини, повертається у вихідне положення (вихідний сигнал змінюється і

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	25

двигун знову вмикається. На рис. 11 показані способи встановлення ротаційних давачів.

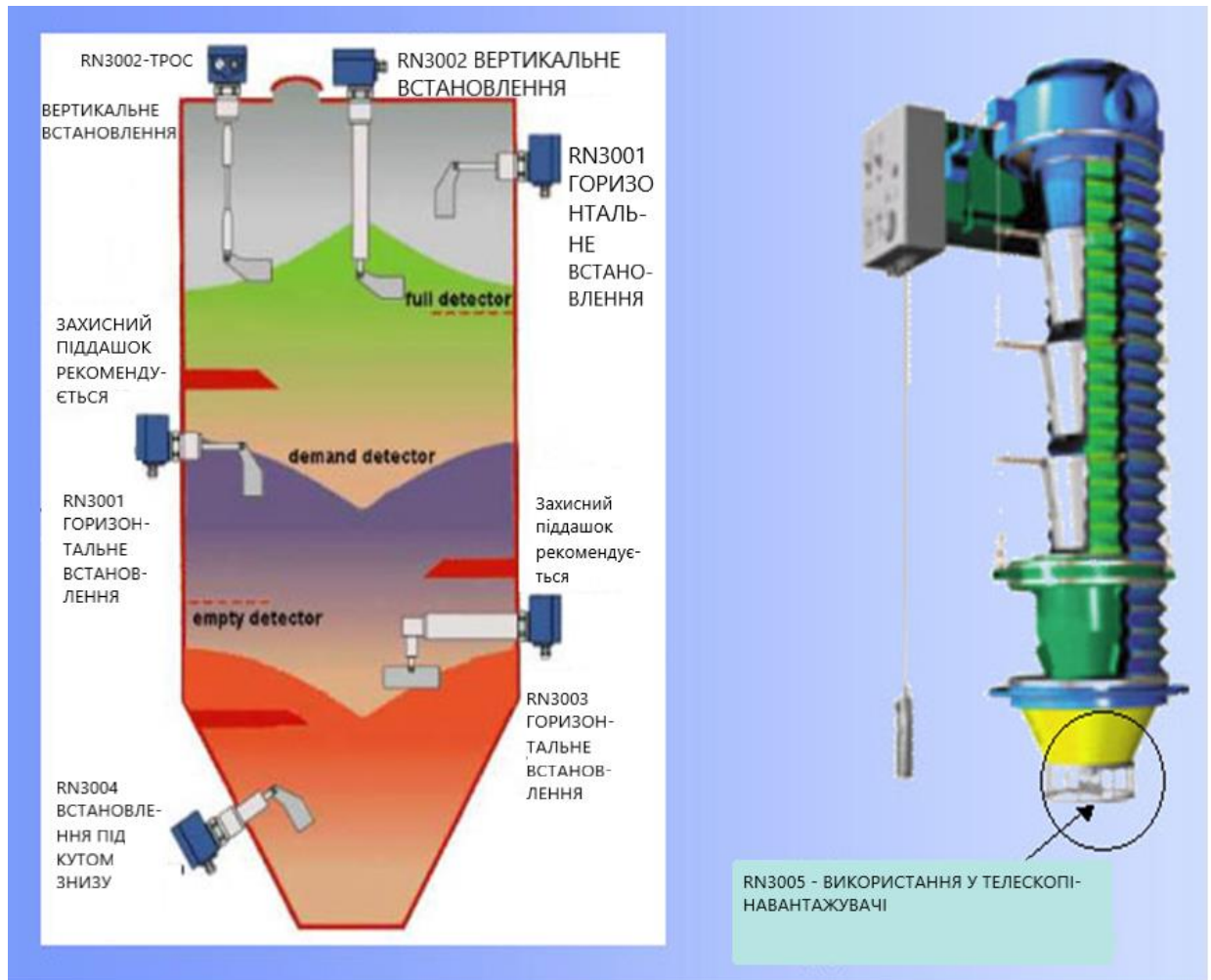


Рис. 11 – Способи встановлення ротаційних давачів

Вібраційний сигналізатор рівня SITRANS LVS100 (рис.12)

У цього сигналізатора лопаті вібровилки (рис. 12), сприймаючи п'єзоелектричні коливання, вібрують на частоті механічного резонансу. Згасання коливань (зміна амплітуди), що виникають внаслідок покривання лопатей вібровилки матеріалом, рівень якого вимірюється, реєструється схемою. Як тільки зонд звільняється від матеріалу, він знову починає вібрувати, що також реєструється пристроєм. Температурний діапазон застосувань: – 40 ... +150°C.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	26

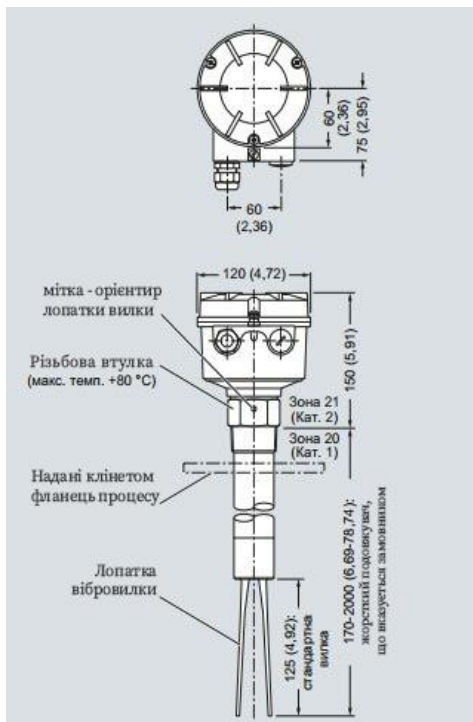


Рис. 12– Вібраційний сигналізатор рівня

а) габаритне креслення;

б) схема підключення.

3.1.7 Контроль вологості.

Керування процесом сушіння грануляту здійснюється на підставі вимірювання температури і вологості газів, що виходять, тому прийнятним варіантом використання давача вологості і температури є **GC -501/65** (Рис.13). Ці давачі призначаються для промислового застосування при температурах до 200° при тисках до 25бар.

Технічні характеристики

Діапазон вимірювань 0...100% rh

Точність вимірювань (10...40°C, 5...95% rh) ±2% rh

Температура вимірювальний елемент (DIN EN 60751) Pt100 клас B

Вимірювальний діапазон серії: GC – 20...+80°C

ZC, ZC.D, KC -25...+125°C

ZCx.H/, ZCx.HD 0...+200°C

Точність: Вихід 0...10 В ±0,2°C

Вихід 4...20 мА ±0,3°C

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рис. 13 – Давачі вологості і температури GC -501/65

Робоча напруга $24 \pm 10\%$ AC або $15 \dots 30$ V DC

Ступінь захисту Корпус IP65

Навантаження (струмовий вихід)

Опір навантаження (вихід за напругою) ≥ 10 кОм

Споживання струму (вихід за напругою) < 5 мА

3.1.8 Контроль тиску

Вибір датчиків тиску (ДТ) здійснюється з урахуванням відповідності їх характеристик умовам і особливостям експлуатації (вид середовища, діапазон тиску і температури, необхідна точність, наявність дестабілізуючих факторів, необхідний тип вихідного сигналу тощо).

На сьогоднішній день найпопулярнішими у використанні є тензорезисторні вимірювальні перетворювачі тиску. У цих ДТ під впливом зовнішнього тиску P відбувається деформація мембрани, що призводить до локальних деформацій чутливого елемента, що включений у тензорезисторний мост. Зміна опору чутливого елемента призводить до розбалансу моста, що вимірюється електронним блоком.

На рис. 14 зображена структурна схема тензорезисторного ДТ.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	28

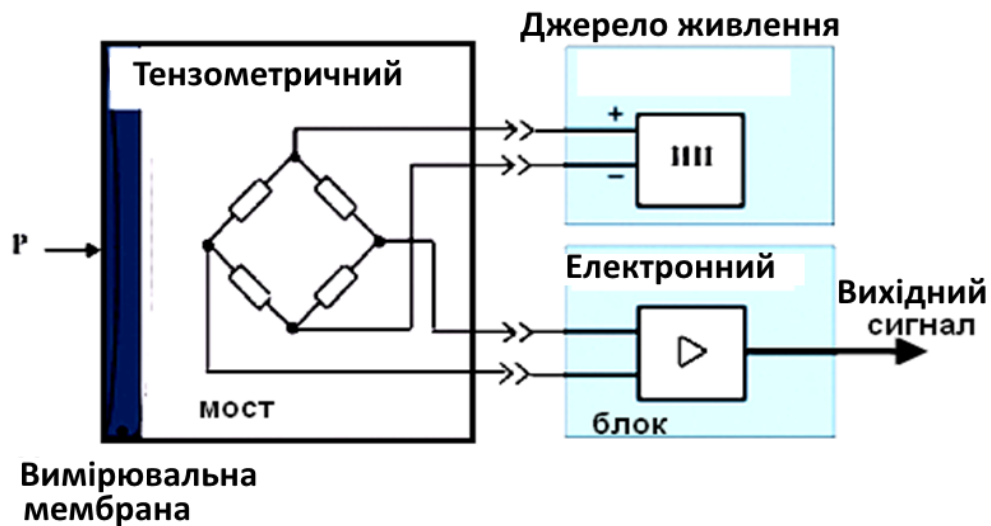


Рис. 14 – Структурна схема тензорезисторного ДТ

Найбільше співвідношенню ціна/надійність відповідають давачі фірми Danfoss MBS 3250. (Рис. 15)



у

Цей ДТ, призначений для роботи із середовищами з високою температурою, забезпечує надійний вимір тиску навіть жорстких умовах довкілля. Вбудований демпфер дозволяє використовувати перетворювач у системах, де можливе виникнення гідроударів або пульсацій тиску.

Рис. 15 – ДТ фірми Danfoss [9]

Відмінна вібростійкість, особливо міцна конструкція, високий рівень електромагнітної сумісності та захисту від радіоперешкод, а також висока робоча температура забезпечують відповідність MBS 3250 найсуворішим вимогам, які пред'являються до промислових та гідравлічних установок.

Вихідний сигнал 4 – 20 мА, 0 – 5, 1 – 5, 1 – 6 і 0 – 10 В

Робоча температура від – 40 до +125 °С

Діапазон вимірювання 0 – 600 бар.

3.2 Вибір виконавчих механізмів та регулюючих органів

Основні функції керування, що сформульовані раніше (п.2), реалізуються в результаті вибору необхідних технічних засобів. При цьому завдання вибору цих технічних засобів є перевірка відповідності їх параметрів на сумісність в каналі керування та розбудова відповідних засобів зв'язку приводами через мікропроцесорні засоби.

3.2.1 Малогабаритний векторний перетворювач EI-8001.

До основних переваг можна віднести: повний захист двигуна, векторне у керування без зворотного зв'язку, можливість використання аналогових та цифрових входів/виходів для регулювання та дистанційного керування, живлення 220/380 В, 50Гц.

Таблиця 8 - Основні технічні характеристики EI-8001.

Вхідний сигнал, mA	0..5
Максимальна вихідна потужність (потужність електродвигуна, що застосовується), кВт	5
Повна потужність перетворювача, кВА	6
Номінальний вихідний струм, А	Вихід 3ф 380 В 3,1
Номінальна вихідна напруга та частота	Трьох фазна 380 В - 50 Гц
Захист та безпека перетворювача	1. Електрична ізоляція між силовими ланцюгами та ланцюгами управління (входи, виходи, джерела живлення); 2. Захист від струмів короткого замикання (А за рахунок внутр. джерел, Б між вихідними фазами; 3. Термозахист від надмірного перегріву та струмових перевантажень; 4. Знижена та надмірна напруга джерела живлення
Захист електродвигуна	Інтегральний тепловий захист
Умови експлуатації	Вібрація 5,9 м/с (0,6 G) або менше (від 10 до 50 Гц).
Температура та відносна вологість навколишнього середовища	От -10 до +40 °С (50° без верхньої кришки), 93% (відсутність конденсації).
Ступінь захисту	IP 20.
Охолодження	Примусове повітряне охолодження

Додатковими перевагами цього перетворювача є: низька вартість, простота експлуатації, наявність входу керування ШІМ. Тому для використання в проекті вибираємо перетворювач EI-8001.

3.2.2 Привод електричний однооборотний ПЭОЗ-100-1,5-03К

Привод призначений для керування заслінками, кульовими та пробковими кранами, затворами та іншою запірною арматурою, що вимагає повороту робочого органу на кут від 0 до 225°С.

Привод встановлюється безпосередньо на трубопровідній арматурі та з'єднується зі штоком регулюючого органу за допомогою втулки. Робоче положення приводу - будь-яке.

Основні вузли приводу: електродвигун, планетарна передача, ручний привод, блок кінцевих вимикачів (БКВ), обмежувач граничного моменту.

Блокування обертання вихідного валу відбувається за допомогою обмежувача граничного моменту або БКВ, який забезпечує сигналізацію та (або) блокування вихідного валу приводу в крайніх або проміжних положеннях.

Обмежувач граничного моменту забезпечує відключення приводу при досягненні запірним пристроєм арматури крайніх положень (<Відкрито>, <Закрито>) або при аварійному заїданні рухомих частин арматури.

Таблиця 9 – Основні технічні характеристики ПЭОЗ-100-1,5-03К.

Виконання приводу	Крутний момент валу, Н.м		Частота обертання валу, об/хв	Повний хід вихідного валу, об. (град.)	Час повороту вихідного валу, с		Спожив. потужність, не більше, Вт	Розмір валу, мм	Маса, кг
	min	max			90°	225°			
ПЭОЗ-100-1,5-03К	60	140	1,5	0,25 (90°) 0,63 (225°)	10	25	220	24	15

Кліматичне виконання – УЗ.1 за ГОСТ 15150.

Ступінь захисту – IP54

Живлення – однофазне, напругою 220В частоти 50 Гц або 24 В.

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ				31

Керування приводом –, як безконтактне, за допомогою пускача безконтактного реверсивного ПБР-2М, так і контактне - за допомогою пускача електромагнітного (наприклад, типу ПМЛ).

3.2.3 Перетворювач EI-MINI-LP7

Основні технічні характеристики EI-MINI-LP7 наведено в Табл. 4.8.

Таблиця 10 – Основні технічні характеристики EI-MINI-LP7

Характеристики	Модель EI-MINI- LP7
Напруга мережі живлення	220-240 В
Частота мережі, Гц	45-60 Hz
Вихідна потужність, кВт	0,4
Номінальний вихідний струм, А	2,4
Максимально допустимий струм, А(150% Іном протягом 60с)	3,6
Несуча частота ШІМ, кГц	16
Режими керування	2-х провідне
Режими гальмування	Плавна зупинка, інерційна зупинка або гальмування постійним струмом
Навантаження	С постійним моментом або с вентиляторною характеристикою
Ступінь захисту	IP00
Робоча температура	От 0 до + 50°C
Температура зберігання	От - 40 до + 65°C
Відносна вологість	не більше 93%, відсутність конденсату
Інші умови	Відсутність горючих газів, частинок пилу, корозійних газів.

Додатковими перевагами використання цього ПЧ є:

функція реверсу; постійний або змінний обертальний момент характеристики U/f ; максимальна частота 100 Гц; наявність входу керування ШІМ; електронний захист двигуна від перевантажень; низька вартість, а також наявність джерела живлення +15В для зовнішніх приладів.

3.2.4 Перетворювач частоти VLT 2800

Технічні дані ПЧ при напрузі мережі живлення 200 - 400 В:

Частота мережі живлення	50/60 Гц \pm 3 Гц
Коефіцієнт активної потужності (λ)	0,9
Коефіцієнт реактивної потужності ($\cos\phi$)	0,98
Макс. струм короткого замикання	100,000 А

Для забезпечення правил електромагнітної сумісності ПЛ встановлюється в монтажній шафі та з'єднується з ПЛК (Рис. 16).

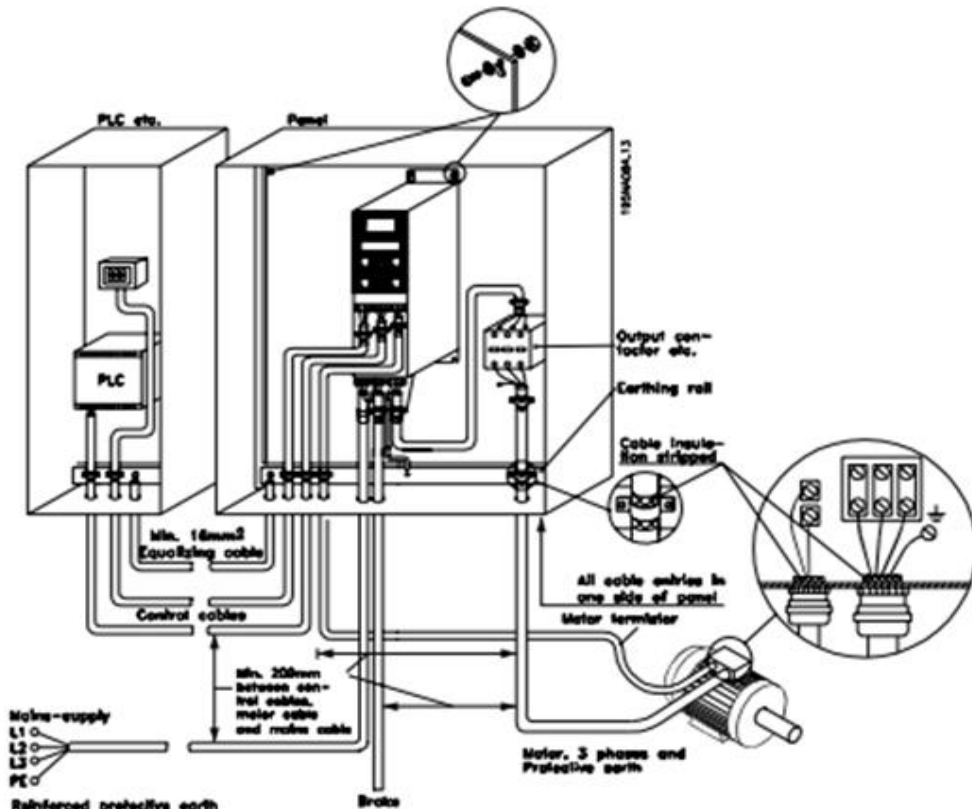


Рис. 16– Монтажна схема ПЧ VLT 2800

Характеристики виходу (U, V, W)

Вихідна напруга

0-100% від напруги живлення

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	33

Вихідна частота	0,2 – 132 Гц, 1 – 1000 Гц
Число комутацій на виході	Без обмеження
Тривалість зміни швидкості	0,02 -3600 с

3.2.5 Клапан електромагнітний ZCT21

Соленоїдні клапани встановлюються на трубопроводах і в залежності від виконання (нормально закриті або нормально відкриті) відкривають або перекривають потік робочого середовища при надходженні на котушку клапана керуючої напруги. Робоче середовище - пара, вода, олії, повітря, інертні гази; Конструкція клапана прямої дії з поршнем показана на рис.17.

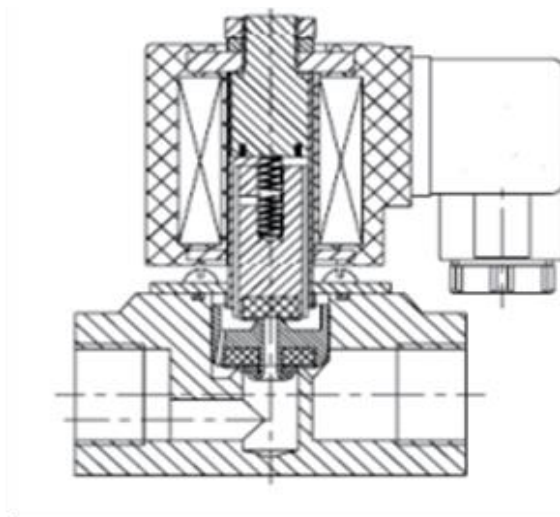


Рис. 17– Креслення клапана ZCT21

Робочі температури клапана для ущільнення:

PTFE: -20°C...+180°C.

Робочий тиск: 0.01МПа...1.0МПа.

Приєднання: різьбове 3/8" 1/2" 3/4" 1"

Ду, мм: 10 10 15 15

Живлення: DC: 12В, 24В; AC: 24В, 120В.

Котушка: S21H, 22ВА (AC), 15Вт (DC), IP65.

Соленоїдний клапан ZCT21 характеризується довгим терміном служби ущільнювача в середовищі пари, використовується для довгострокової експлуатації в системі трубопроводів

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	34

3.3 Вибір мікропроцесорних засобів.

Вибір програмованого логічного контролера (ПЛК), на базі якого будується система управління, проводиться за наступними критеріями:

- технічні характеристики;
- експлуатаційні характеристики;
- кількість вхідних та вихідних сигналів.

Таблиця 11

ПЛК	МК-52	ОВЕН-150	Vipa_Speed7	Siemens-CPU1212C
Кількість дискретних вхідів	до 35	6	1024	до 42
Кількість дискретних виходів	до 37	4	1024	до 40
Кількість аналогових вхідів	8	4	64	до 10
Кількість аналогових виходів	до 4	2	64	до 5
Інтерфейси	RS-485	RS-485 RS-232	RS-485	-

В результаті порівняння характеристик перерахованих ПЛК, виходячи з кількості вхідних та вихідних портів, ПЛК VIPA_Speed 7.

3.3.1 Програмований логічний контролер серії VIPA_Speed 7

Процесори Speed7 (рис.18) [10] високошвидкісні CPU, сумісні зі STEP 7, засновані на мікросхемі Speed7, є базою ПЛК VIPA_Speed 7. Цей процесор підтримує систему інструкцій S7_300/S7_400: він виконує операцію з плаваючою комою всього за 0,084 мкс над бітом або словом – за 0,014 мкс.



Рис. 18 – Зовнішній вигляд МК VIPA_Speed 7

Такий процесор дозволяє реалізувати час циклу ПЛК всього 100 мкс. Деякі процесорні модулі оснащені високошвидкісною паралельною шиною SpeedBus для обміну з модулями розширення.

Ці процесори, як і процесори системи VIPA System 300V, близькі до ряду Simatic S7_300. Модулі розширення механічно повністю ідентичні до модулів S7_300 і можуть використовуватися з модулями S7_300 в одній стійці на одній лінійці. На всіх процесорних модулях є роз'єми для підключення до мережі MPI, Ethernet і PROFIBUS_DP master або PTP RS-485 (потенційно розділений протокол), ASCII, STX/ETX, 3964R, Modbus master, USS master).

Вбудовані в процесорні модулі інтерфейси Ethernet і PROFIBUS_DP master дозволяють легко і економно інтегрувати контролер в мережу АСУ шляхом комбінування його з іншими контролерами фірми VIPA та інших виробників.

Програма для процесора Speed7 може створюватися, як за допомогою середовища розробки STEP 7 від Siemens, так і за допомогою пакетів WinPLC7 і WinNCS від VIPA.

Завантаження програми здійснюється через мережу MPI за допомогою адаптера MPI або через Ethernet.

Нижній рівень системи керування грануляцією будується на основі ПЛК VIPA 313-5BE03.

Технічні характеристики

Кількість входів-виходів:

– Дискретні до 2048 I/O; – аналогові до 128 I/O.

Організація – модульна конструкція (від 8 до 32 модулів розширення)

Об'єм пам'яті: 128кБ...16МБ

Тип пам'яті: RAM+FLASH

Час виконання операції: з бітами 14нс; зі словами 90нс.

– Об'єм пам'яті до 16 Мбайт;

– Вбудований співпроцесор Ethernet.

Годинник реального часу; Таймери/лічильники: 1 28/256;

Інтерфейс: MPI;

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	36

Підтримка мереж: Profibus -DP master/slave, Ethernet:

Напруга живлення: DC 24 В.

Можливість розширення до 8 модулів.

3.3.2 Модуль аналогових входів VIPA 331-1KF01

Модулі введення-виводу забезпечують з'єднання зовнішніх сигналів з внутрішньою шиною. Модулі дозволяють підключати давачі та виконавчі пристрої, а також містять ланцюги гальванічної розв'язки та індикатори стану каналів.

VIPA 331 має 8 мультывходів (AI 8x13Bit), з можливістю введення сигналів напруги, струму, опору (U/I/R), зокрема від термопар та термоопорів.

3.3.3 Промислові комп'ютери Lenze DIGITEC

Компактні ПК, що легко вбудовуються в систему, з модулем розширення MOD-104. Системні характеристики комп'ютерів Серія EL 600-9000 наведені у Таблиці 12, а зовнішній вигляд – на рис. 19.

Таблиця 12 Системні характеристики комп'ютерів Серія EL 600-9000

Промисловий TFT дисплей	6.4" - 19.0" резистивний сенсорний екран /скло
Розширення за допомогою модулів MOD-104	Master : PROFIBUS-DP, CANopen Slave: PROFIBUS-DP, CAN, CANopen Послідовний інтерфейс: RS-232, 20 мА. RS422 та RS - 485
Інтерфейс	1xEthernet 10/100MBit, 2USB, PS/2, клавіатура, миша, 2x RS-232
Охолодження	Пасивне. Охолоджуючий радіатор LX800 Селерон 400 MHz ,Вентилятор: Селерон М 600MHz Селерон М 1GHz
Пам'ять	Compact Flash Жорсткий диск Опціонально: DVD, DVD writer drive
Живлення	DC 24 V± 25% Опціонально: вбудований CAPS UPS, конденсаторна батарея

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ				37

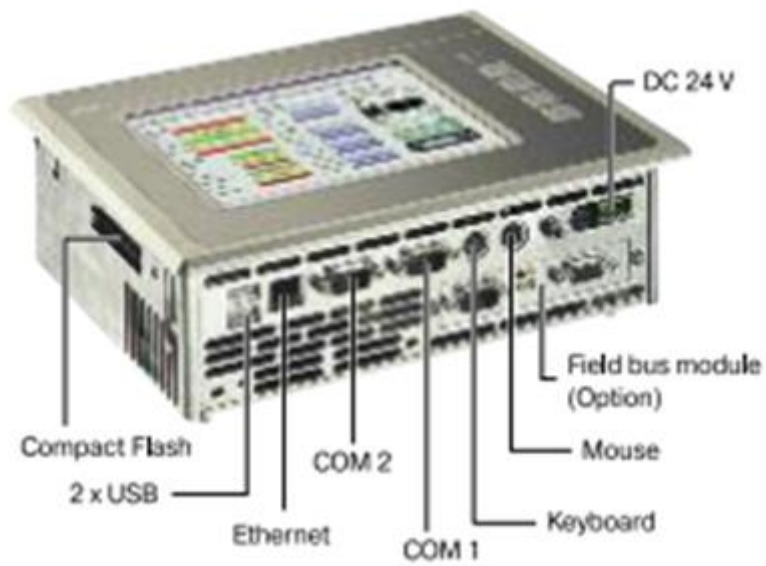


Рис. 19– Зовнішній вигляд промислового комп'ютера *Lenze DIGITEC*

3.4 Програмне забезпечення системи керування процесом грануляції

Програмне забезпечення (ПЗ) системи керування, алгоритм якого зображено на рис. 20, містить набір підпрограм, безпосередньо керуючих дозуванням *KCl*, подачею пульпи, а також програм, що забезпечують сушіння і охолодження гранульованого добрива.

Крім безпосереднього керування, ПЗ забезпечує рішення прикладних завдань, які реалізують обробку, зберігання та перетворення інформації відповідно до алгоритмів роботи системи.

Алгоритми згаданих програм будуються на базі функціональних завдань системи керування грануляції відповідно до мети керування.

Загальні завдання системи керування процесом грануляції вирішуються за допомогою наступних підпрограм:

- централізований контроль за ходом технологічного процесу (ТП), станом обладнання; - програмно-логічне керування;
- регулювання;
- аварійне відключення обладнання.

При проведенні ТП виділено кілька станів за умовами роботи технологічного обладнання:

- виведення обладнання на нормований режим роботи;
- робота обладнання у нормованому режимі;
- перехід до повного зупинення обладнання;
- тимчасове зупинення частини обладнання;
- аварійні ситуації у роботі обладнання.

Алгоритм керування процесом грануляції розбивається на ряд стандартних підпрограм, що періодично повторюються:

- а) програма опитування та усереднення показань давачів;
- б) програма порівняння значень параметру, що надходить із давача, з встановленими межами, а також визначення аварійних ситуацій чи порушень режиму;
- в) програма відображення та передачі інформації за допомогою інтерфейсу RS-485.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	39

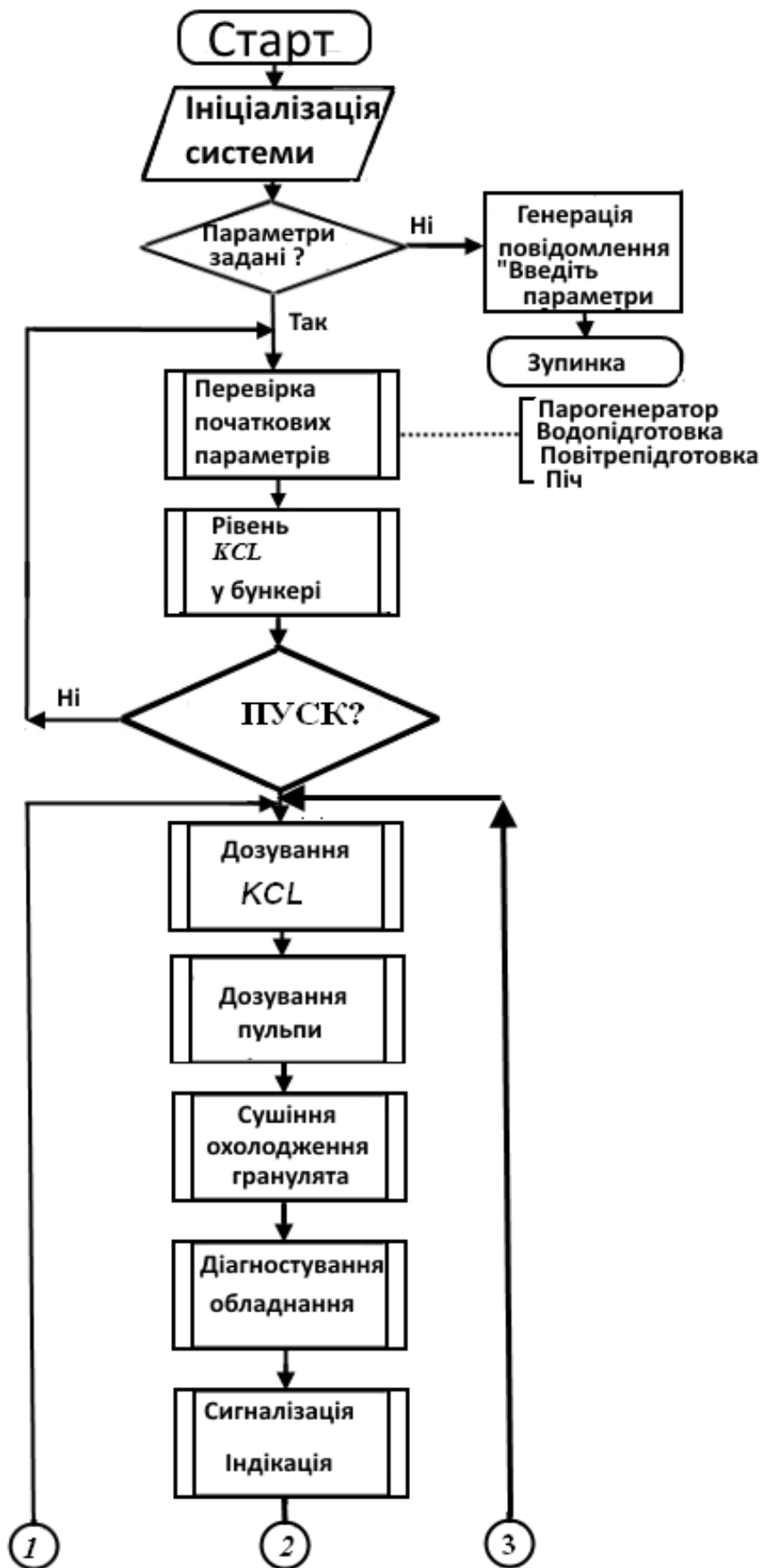


Рис. 20а – Алгоритм роботи системи керування процесом грануляції

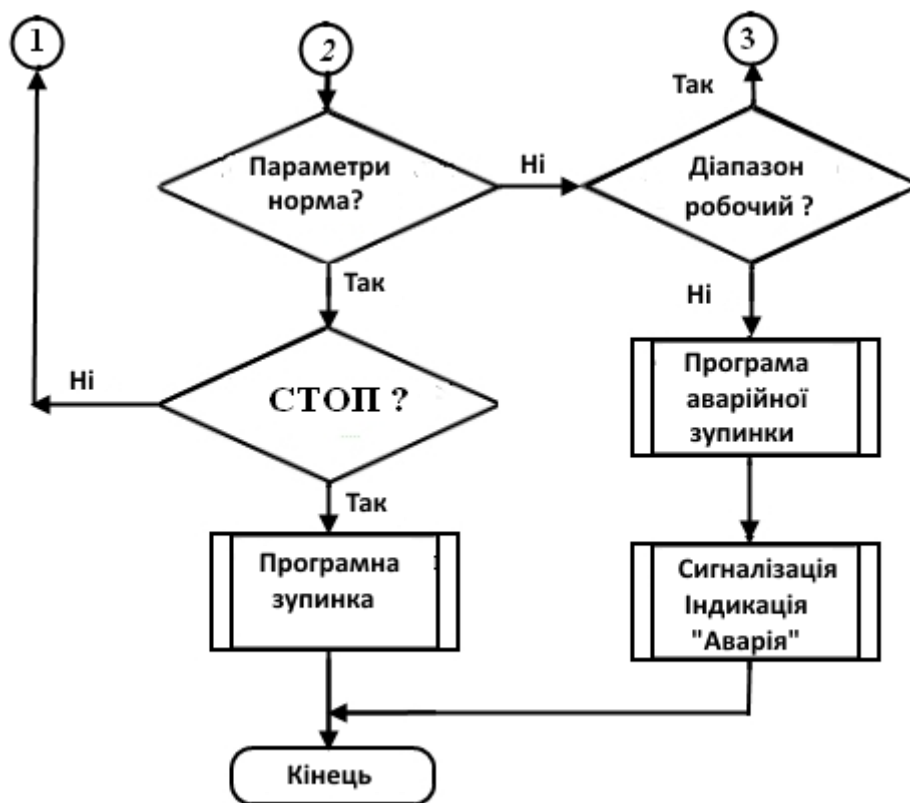


Рис. 20б – Алгоритм роботи системи керування процесом грануляції

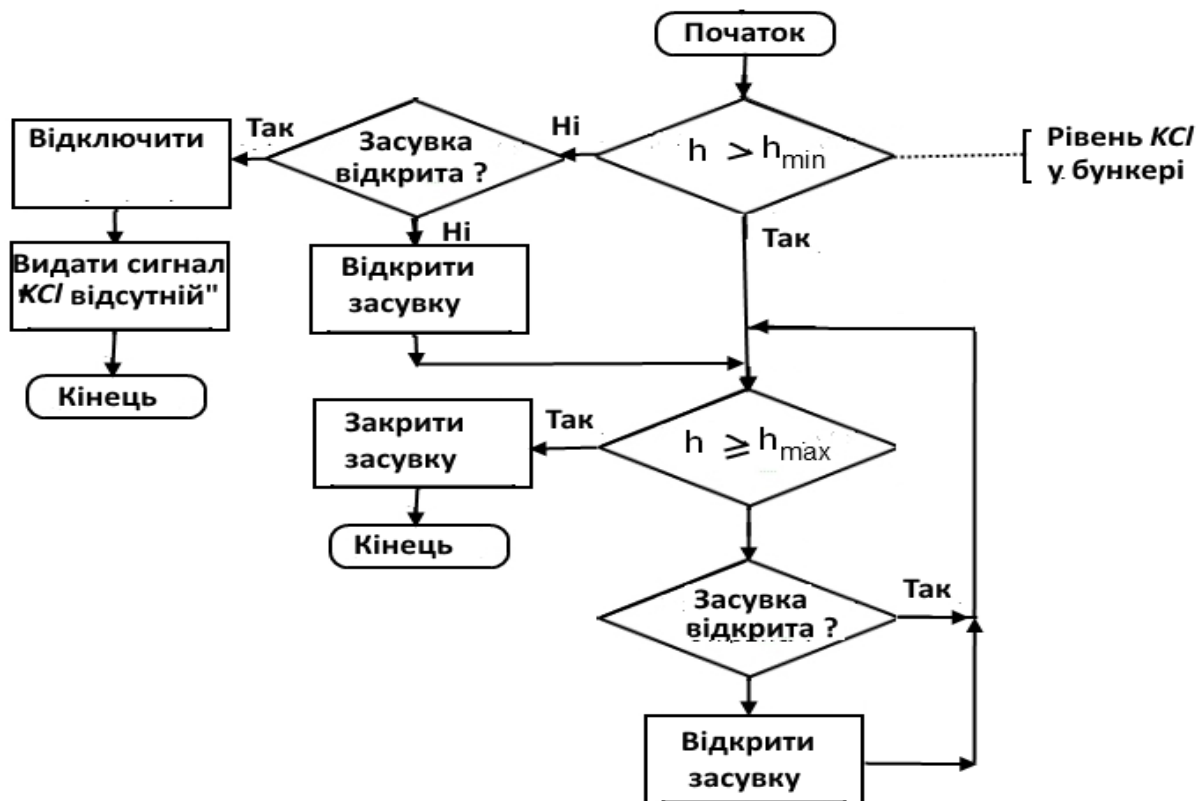


Рис. 21– Алгоритм керування рівнем KCL у бункері

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Робота програми дозування компонента *KCL* забезпечується реалізацією позиційного регулятора рівня цього компонента у бункері (рис. 21). По сигналах датчиків рівня *KCL* здійснюється керування засувками, що відкривають подачу компонента добрива з елеватора.

Алгоритм дозування *KCL* (рис. 22) будується відповідно до функціонального завдання дозування і передбачає зміну величини лінійної швидкості переміщення конвеєра при коливаннях маси *KCL*. Регулювання маси, що надходить на дозування, здійснюється в залежності від значень маси, яка вимірюється ваговимірвальним датчиком.

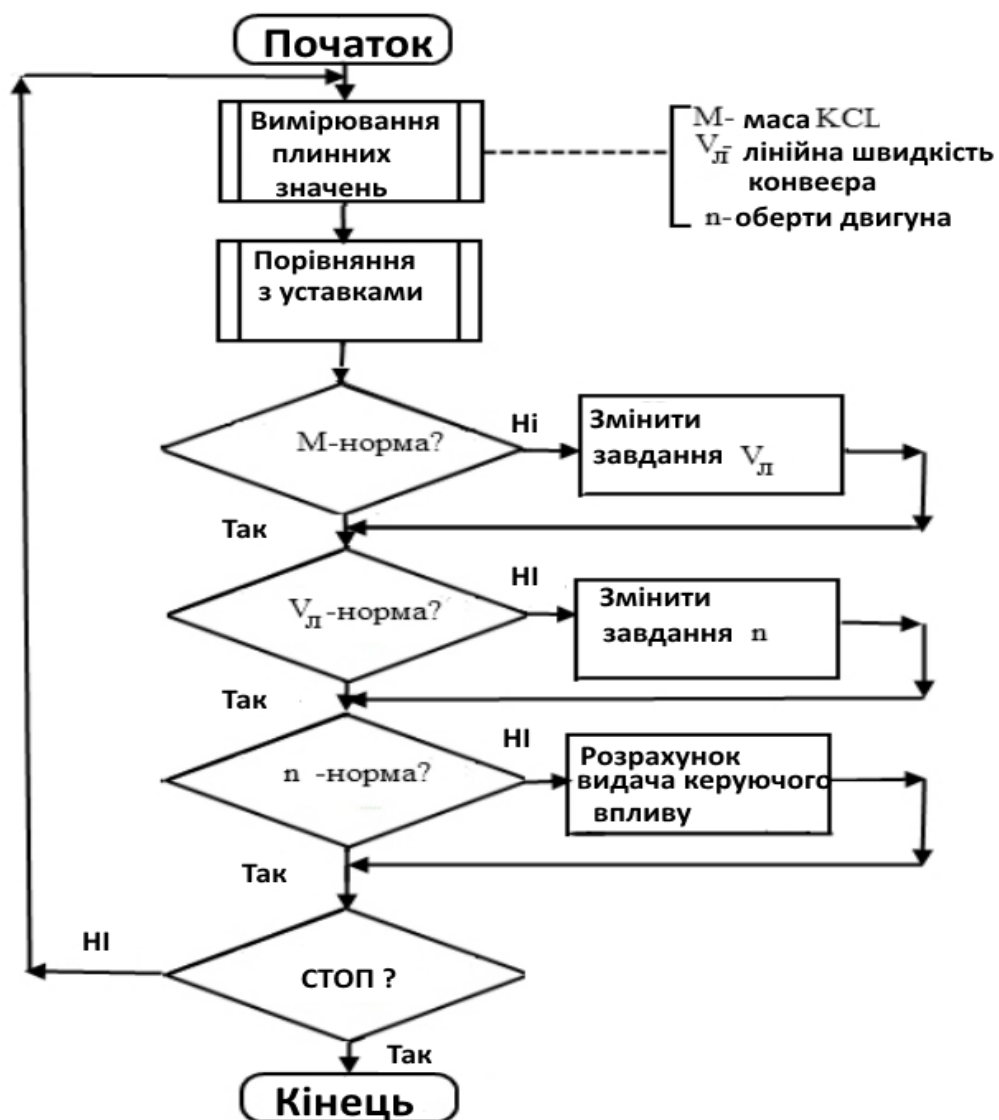


Рис. 22 – Алгоритм дозування *KCL*

Підтримка параметрів процесу гранулювання в БГСХ забезпечується за допомогою програми «Дозування пульпи», алгоритм якої аналогічний алгоритму про-

грами «Дозування КСЛ». Відмінність полягає в значеннях параметрів, що підлягають регулюванню. При цьому регулюється напір повітря, що розпорошує пульпу і витрата пульпи, що подається в зону розпилення БГСХ.

Завдання значень витрати пульпи проводиться оператором АРМ відповідно до необхідної продуктивності процесу грануляції.

Процес сушіння та охолодження грануляту керується програмою «Сушіння та охолодження грануляту» шляхом стабілізації температурних режимів та параметрів вологості повітря на виході БГСХ.

Керування температурним режимом процесу сушіння та охолодження в апараті БГСХ здійснюється шляхом регулювання витрати агента сушіння та температури, вологості газів на виході з апарату. Додатково регулювання вологості здійснюється з допомогою положення засувки, що дозволяє змінити витрати охолоджуючого агента, тим самим змінити вологовміст середовища сушіння.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	43

4. ПОБУДОВА SCADA СИСТЕМИ

Структурна схема автоматизації процесу грануляції приведена на рис. 23. Як видно із схеми, архітектура представлена 3ма рівнями:

нижній рівень: датчики та виконавчі механізми;

середній рівень: контролер, комутаційна апаратура, перетворювачі для двигунів змінного струму;

верхній рівень: робоча станція оператора (АРМ оператора).

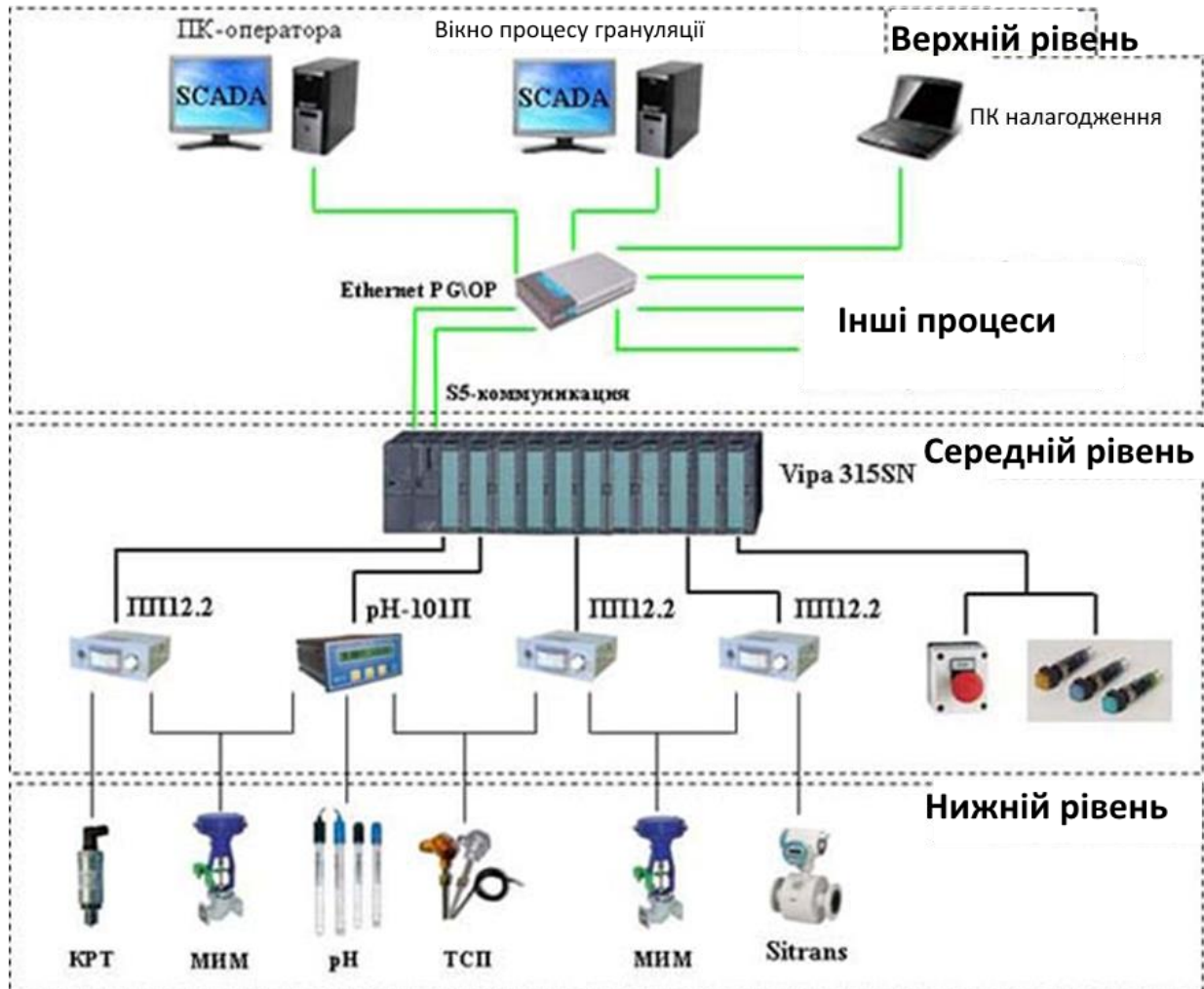


Рис. 23– Структурна схема автоматизації процесу грануляції.

На апаратному рівні система автоматизації процесу грануляції використовує ПЛК VIPA Speed7 та перетворювач Lenze ETMD. Операторський інтерфейс системи будується з допомогою SCADA TRACE MODE 6. Зв'язок АРМ оператора і ПЛК здійснюється з використанням INDUSTRIAL ETHERNET.

Візуалізація процесу реалізується з допомогою операторською панелі VIPA TD03, яка дозволяє керувати параметрами процесу та їх відображенням. Конфігу-

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	44

рування повідомлень та параметрів блоків здійснюється за допомогою програмного забезпечення VIPA TD-Wizard.



Рис. 24– Зовнішній вигляд панелі оператора.

Всі елементи системи розміщуються у промислових монтажних шафах, що складаються з передньої та задньої панелі. На передній панелі розміщуються елементи оперативного управління на видному та легкодоступному місці, у внутрішній частині розміщені перетворювачі, ПЛК, блоки живлення, комутаційна апаратура.

4.1 Компоновка систем автоматизації

Відповідно до завдань реалізації функцій збору інформації, керування та сигналізації (СУ81.6.151.01.A2) (Додаток 1), розроблено технічне забезпечення системи керування процесом грануляції, схема електрична з'єднань якого СУ81.6.151.01E4 дана в Додатку 2.

Апаратна частина системи керування будується за блоковим принципом, при цьому виконавчі механізми і датчики встановлені за місцем розміщення основного обладнання(нижній рівень), а локальні підсистеми розташовуються в електрощитовій, шафі управління А1.

Основний комп'ютер-Lenze Digitec EL 600-9000, пов'язаний за допомогою лінії Ethernet з програмованим ПЛК-VIPA 313-5BE03, розміщений приміщенні АСУТП, звідки з робочого місця оператора (АРМ) проводиться керування технологічним процесом.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	45

Функціонування системи керування здійснюється на основі програмного забезпечення, розміщеного в пам'яті VIPA 313-5BE03 (Блок А1.3).

Подача живлення системи управління проводиться через панель живлення А1.1, де розташовані автоматичні вимикачі QF1 ... QF6, через які видається 3-х фазна напруга від ЩС-3.

Введення сигналів від датчиків проводиться через пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО), реалізованому на модулі введення аналогових сигналів VIPA 331 -1KF01 (Блок А1.4). Підключення двигунів та виконавчих механізмів здійснюється через клемники, змонтовані на панелі приводів А1.2

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	46

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз процесів, що забезпечують грануляцію складного удобрення НРК. Розглянута технологічна схема грануляції характеризується точністю дозування компонента добрива – КСІ, і навіть інших компонентів, яких залежить якість добрива. Другим фактором, що визначає якість добрива, є забезпечення технологічних режимів сушіння та охолодження гранул.

Розроблено функціональну схему автоматизації, що забезпечує підтримання технологічних режимів процесу грануляції. На основі аналізу функціональної схеми автоматизації обрані канали управління і регулювання технологічним процесом, що забезпечує необхідну якість продукту та економічність процесу.

На підставі вибраних засобів автоматизації розроблено схему електричних з'єднань, на якій скомпоновано апаратно-програмні засоби системи управління процесом грануляції добрива. Побудована 3-рівнева структурна схема автоматизації процесу грануляції у SCADA системі.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	47

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваль Л. П. Тенденції та перспективи розвитку хімічної промисловості України// Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України, 2018.– Випуск 3 (131).–С.22–26
2. Овчинников Л.Н. Грануляция минеральных удобрений во взвешенном слое // ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технологический университет, 2010. – Иваново:.. – 168с.
3. Борщев В. Я., Пронин В. А. О влиянии режимных и конструктивных параметров барабанного гранулятора- сушилки на фракционный состав продукта //Вестник ТГТУ, 2020 .–Том 26. № 2.– С.262–269.
4. Кочергин С. А. Повышение эффективности производства сложных минеральных удобрений путем оптимизации процессов гранулирования и сушки: диссертация к.т.н : 05.17.08. Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2008. –114с.
5. Корнієнко Б.Я. Інформаційні технології оптимального управління виробництвом мінеральних добрив : монографія / Б.Я. Корнієнко. – К.: Вид-во Аграр Медіа Груп, 2014. – 288с
6. Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Филипенко О.І., Демська Н.П., Новоселов С.П. Технічні засоби автоматизації. – Кривий Ріг, Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.
7. Крец М. Термопреобразователи ОВЕН дТС, дТП //Автоматизация и производство, 2017.– №1.– С.5–7.
8. www.tinnova.ru/siemens
9. <http://www.mk-termo.com.ua>
10. VIPA System MICRO. CPU M13-CCF0000. Manual. - VIPA GmbH, Herzogenaurach, 2017. –321 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.vipa.com/en/service-support/manuals
11. Подустов М.О., Бабіченко А.К., Лисаченко І.Г. Програмування промислових контролерів VIPA в середовищі WinPLC V5//Вид-во «НТУ «ХП», 2018. – Харків. –195 с.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	48

12. <https://superagronom.com/articles/430-kaliyni-dobriva-vidi-osoblivosti-zastosuvannya-ta-perevagi>
13. <https://msd.com.ua/granulirovanie-materialov/barabannye-granulyatory-sushilki/>
14. https://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.php
15. <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizacia/sistemy-avtomatizacii/promyshlennye-sistemy-simatic/kontroller-simatic/microcontroller-logo.html>
16. H. Potente. Auslegen von Schmelzeextrudern fmr Kunststoffschmelzen mit Potenzgesetzverhalten. Kunststoffe. 1981. 71. № 8. s. 474 – 478.
17. <https://buklib.net/books/35533/>
18. <https://ukrbukva.net/page,5,44683-Istoriya-razvitiya-SCADA-sistem.html>
19. <https://shongames.ru/uk/smarttv/scada-sistemy-chto-takoe-scada-sistema-v-telemehanike-principy-postroeniya-asu/>
20. David Bailey, Edwin Wright Practical SCADA for Industry, Newnes, 2005.
21. Dyuk V. An application of technologies for intellectual data analysis in the
22. natural sciences, engineering and humanities / Dyuk, V. A., Flegontov, A. V., Fomina, I. K. // Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Science. 2011. – No. 138. – Pp. 77–84.
23. https://stud.com.ua/176956/tehnika/programovani_logichni_kontroleri_sistemah_avtomatizatsiyi_upravlinnya
24. <https://svaltera.lviv.ua/2019/01/28/yaskawa-vipa-speed7-studio-1-8/>
25. <https://lanera-austral.com/uk/featured/294-what-are-industrial-computers-and-how-they-work.html>
26. Ekhard Preikschat (1997) Rotating consistency transmitter impeller and method. US Patent No. 5684247.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-81.6.151.01ПЗ	49