

Міністерство освіти та науки України
Шосткинський інститут
Сумський державний університет
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

"Система управління технологічного процесу нітрації целюлози"

Керівник проекту

Г.М. Худолей

Дипломник:

студент групи СУз-51Ш

Д.В. Таванець

Номер залікової книжки: 17180048

Шостка – 2020

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	6
2 АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ	20
3 ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ	27
4 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	33
5 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ	63
6 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	69
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	81

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Таванець Д.В.			Автоматизація технологічного процесу нітрації целюлози Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		Худолей Г.М.					2	82
<i>Реценз.</i>					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ СумДУ			<i>Лист</i>
<i>Н. Коитр.</i>								2
<i>Затверд.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>				

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

АД – асинхронний двигун

АРМ – автоматизоване робоче місце

АСУ – автоматизована система управління

АСУ ТП – автоматизована система управління процесом

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ВМ – виконавчий механізм

ЗКС – зрошувально-кислотна суміш

ККД – коефіцієнт корисної дії

БВВК – безперервне видалення відпрацьованих кислот

ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій

ОС – операційна система

ПЗ – програмне забезпечення

ПК – персональний комп'ютер

ПЛК – програмований логічний контролер

ПТК – програмно-технічний комплекс

ПЧ – перетворювач частоти

САР – система автоматичного регулювання

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ВН – відцентровий насос

РО – робочий орган

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

ВСТУП

Одним із головних етапів виготовлення колоксиліну (який є сировиною для виготовлення порохів, вибухових речовин, а також деяких лаків та плівок), це процес нітрації целюлози. При виготовленні цієї речовини використовуються кислоти з різними концентраціями. Для правильного протікання процесу нам потрібно завжди підтримувати деякі показники витрат, рівня тиску, концентрації цих кислот. Також при змішуванні целюлози з азотною кислотою нам потрібно підтримувати задану температуру в нітраторах-дозаторах.

В промисловості автоматизації приділяється велика увага. Це пояснюється складністю, а також чутливістю їх до порушення режиму, шкідливістю умов роботи і пожежонебезпечністю речовин, які переробляються.

У міру здійснення автоматизації виробництва скорочується тяжка фізична праця, зменшується чисельність, збільшується продуктивність праці і тому подібне.

Автоматизація виробництва до основних показників ефективності виробництва: збільшенню кількості, якості і зниженню собівартості продукції, що випускається, скорочення браку і відходів, зменшення витрат сировини і енергії, зменшення чисельності основних працівників, зниження капітальних на будівництво будівель (виробництво організовується просто неба), подовження термінів міжремонтного пробігу устаткування.

Проведення деяких сучасних технологічних процесів можливе за умови їх повної автоматизації. При ручному управлінні такими процесами щонайменше заміщення людини і дія його на процес можуть привести до серйозних наслідків.

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення.

Переваги:

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

- 1) забезпечує зменшення чисельності робочого персоналу, тобто підвищення продуктивності його праці;
- 2) до зміни характеру праці обслуговуючого персоналу;
- 3) збільшує точність підтримки параметрів виробництва;
- 4) підвищує безпеку праці і надійність роботи

Автоматизація процесів не тільки автоматичне забезпечення нормального ходу цих процесів з використанням різних автоматичних пристроїв, але і автоматичне управління пуском і останом апаратів для ремонту і в критичних ситуаціях.

У автоматичному виробництві людина на творчу роботу – аналіз результатів управління, складання завдань і програм для автоматичних приладів, наладку складних автоматичних пристроїв.

Завданням проекту є вирішення питань, пов'язаних з побудовою системи управління, здатної забезпечити: потрібний рівень безпеки протікання технологічного процесу нітрації целюлози, поліпшити техніко-економічні показники, створити безпечні умови праці.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Перш ніж розпочати розробку АСУ технічного процесу нітрації целюлози, необхідно ретельно дослідити технологічний процес.

1.1 Аналіз технології виробництва та особливості отримання нітратів целюлози

Нітрати целюлози розрізняються за вмістом азоту, що залежить від ступеня етерифікації целюлози і визначає їх енергетичні властивості, а також характеризує інші фізико-хімічні показники, найважливішими з яких, з технологічної точки зору, є в'язкість і розчинність в спиртоєфірному розчиннику.

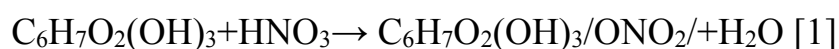
Залежно від вмісту азоту нітрати целюлози діляться на два основних види: колоксилін (вміст азоту 10,64 - 12,39 %) і піроксилін (11,76 - 13,51 %).

Колоксиліни випускаються різних марок, наприклад:

- лакові (вміст азоту 11,89 - 12,26 %), які застосовують для виготовлення лаків, емалей, ґрунтовок, шпатлівок тощо;
- лінолеумні (вміст азоту 10,64 - 11,58 %), застосовується для виготовлення будівельних лінолеумів;
- целулоїдні (вміст азоту 10,78 - 11,25 %).

У пороховій промисловості використовується колоксилін марки Н (НХ, НД). Вміст азоту в цьому колоксиліні 11,82 - 12,17 %. Він застосовується для виготовлення балістичного пороху.

Колоксилін виробляють шляхом обробки волокнистих целюлозних матеріалів сумішшю азотної та сірчаної кислоти. При взаємодії целюлози із сумішшю кислот виникає хімічна реакція, яка описується наступним рівнянням:



					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Азотна кислота являє собою нітруючий агент. У промислових умовах використовуються суміші з вмістом азотної кислоти в нітраційній суміші до 30%. Суміші з більш високим вмістом азотної кислоти економічно недоцільні через її високу вартість. Крім того, в кислотній суміші з великим вмістом азотної кислоти швидше протікає денітрація нітратів целюлози.

Шляхом введення в нітраційну кислотну суміші води регулюється ступінь етерифікації целюлози і відповідно вміст азоту в одержуваних нітратах целюлози. Із збільшенням кількості води в кислотній суміші ступінь етерифікації зменшується, і нітрат целюлози має менший вміст азоту. При вмісті води вище 25% реакція взагалі не протікає.

При промисловому одержанні високо етерифікованих нітратів целюлози (піроксилін) вміст води в кислотній суміші становить близько 7 - 9%. При виготовленні менш етерифікованих нітратів целюлози (колоксилін) вміст води знаходиться в межах 15 - 18% залежно від необхідного ступеня етерифікації.

Щоб зв'язати воду, що виділяється при реакції, в суміш вводять сірчану кислоту, що утворить гідрати. Сірчана кислота підтримує азотну кислоту в безводному стані, сприяє утворенню катіона нітрата і тим самим обумовлює нітруючу здатність кислотної суміші.

Сірчана кислота також збільшує ступінь набухання целюлози і тим самим прискорює дифузію нітруючої кислотної суміші всередину волокна. Крім того, сірчана кислота зменшує окислювальну і гідро ізолюючу дію на целюлозу азотної кислоти. Тому бажано введення в кислотні суміші 50 - 70% сірчаної кислоти.

Найчастіше використовуються суміші, в яких масове співвідношення H_2SO_4 до HNO_3 приблизно становить 3:1. Співвідношення сірчаної та азотної кислот впливає на в'язкість одержуваного продукту.

Збільшення кількості сірчаної кислоти в суміші знижує в'язкість нітратів целюлози, особливо при підвищенні температури.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1.2 Опис технологічного процесу реалізованого за безперервною схемою

Нітрацію целюлози можливо проводити двома шляхами: за періодичною та безперервною схемою. Розглянемо схему безперервної нітрації целюлози, за якою передбачається безперервна робота мішалок нітратора-дозатора від початку нітрації целюлози і до самого відвантаження готового продукту.

В нітратор-дозатор із бункера-дозатора надходить подрібнена, очищена та висушена целюлоза, одночасно в нього подається нітратно-кислотна суміш, яка являє собою комбінацію соляної та азотної кислоти змішаних у відповідних пропорціях.

До недавна целюлозу перед нітрацією сушили до 1% вологості. Однак перед нітрацією за рахунок сорбції вологи з навколишнього повітря вологість целюлози досягала 3 % і більше. Тому проводити сушку целюлози перед етерифікацією до вологості нижче 3 % недоцільно. Вміст у целюлозі 3-4% вологи не погіршує якості нітрату целюлози і не створює негативних явищ. При цьому абсолютні витрати сірчаної та азотної кислот фактично не змінюються.

Практично целюлозу сушать до вологості не вище 5 %.

Для приготування кислотних сумішей у виробництві нітратів целюлози використовують свіжі концентровані азотну і сірчану кислоти, відпрацьовану кислотну суміш, олеум і меланж.

При складанні свіжих потрійних нітраційних кислотних сумішей застосовують свіжу сірчану і слабку азотну кислоти. Масова концентрація слабкої азотної кислоти повинна бути 45-55%.

Кислоти з баків через мірники відповідно до розрахунку заливаються в змішувач кислот: спочатку сірчана кислота, потім при працюючих лопатях змішувача малими порціями азотна кислота. Виділене тепло при змішуванні кислот обертовими лопатями рівномірно розподіляється по всій масі кислоти.

Температура кислоти в змішувачі не повинна перевищувати 50 °С, вище 50 °С заливка азотної кислоти припиняється. Після змішання всіх порцій

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ					

отримана нітраційна кислотна суміш відбирається для аналізу . Якщо нітраційна кислотна суміш не відповідає необхідному складу, проводиться її корегування. Кислотна суміш виправляється олеумом і міцною азотною кислотою.

Через задані інтервали часу шнек-дозатор бункера-дозатора автоматично проводить об'ємне вимірювання і загрузку целюлози в нітратор-дозатор.

В нітраторах-дозаторах проводиться автоматичне дозування целюлози і нітратної кислотної суміші. Рівень целюлози в нітраторах-дозаторах повинен бути таким щоб рівень целюлози був трохи більшим за розмір крильчатки мішалки, тобто становив – 0,3-0,4 м.

Нітратна кислотна суміш з витратного бака через теплообмінник, де вона підігривається або охолоджується до заданих температур надходить в нітратор-дозатор. При працюючих мішалках нітраторів-дозаторів починається заливка нітратно-кислотних сумішей, потім автоматично включається завантаження целюлози, при цьому подача кислот з витратною $9 \pm 0,5 \text{ м}^3/\text{год}$ не зупиняється.

Над апаратом безперервного видалення відпрацьованих кислот (БВВК) встановлено чотири нітратори-дозатори в яких проводиться початкова етерифікація целюлози. Нітратори-дозатори працюють циклічно. По закінченню часу початкової ванної етерифікації почергово із нітраторів-дозаторів автоматично проводиться злив реакційної маси в апарат БВВК, де на обертаючому кільцевому конвеєрі рівномірно розподіляється на перфорованому дні апарата.

Відпрацьована нітратно-кислотна суміш із реакційної маси через перфороване дно збігає у відповідне відділення піддону і самопливом надходить через кислотний фільтр в бак-збірник відпрацьованих нітратних кислотних сумішей. Відфільтрована в фільтрі целюлоза повертається в апарат БВВК.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Відпрацьована нітратно-кислотна суміш із збірника подається в напірний бак зрошувальних кислотних сумішей (ЗКС), звідки самопливом через холодильник і верхній розподільний колектор поступає в систему кінцевої зрошувальної проточної етерифікації кислотних сумішей.

В апараті БВВК наявні чотири стадії зрошування. Проходячи через кожен з секцій целюлоза послідовно зрошується кислотними сумішами з спадною масовою часткою, а в четвертій секції – з водою, яка подається в систему у суворо розрахованій кількості.

На четвертій секції слабкі кислотні суміші поступають через напірні баки зрошувальних кислотних сумішей та холодильники зрошування целюлози у третій секції, де із целюлози витісняють кислотні суміші з більш високою масовою долею.

З першої секції частина витіснених кислот з масовою долею близько 65% із бака-збірника подається на регенерацію, а інша частина із масовою часткою більше 75% із бака збірника надходить у змішувач кислот для виготовлення нітратно-кислотних сумішей.

Витіснення кислотних сумішей ведуть кислотами спадної концентрації і потім водою у відповідності зі схемою, приведеною на рисунку 1.

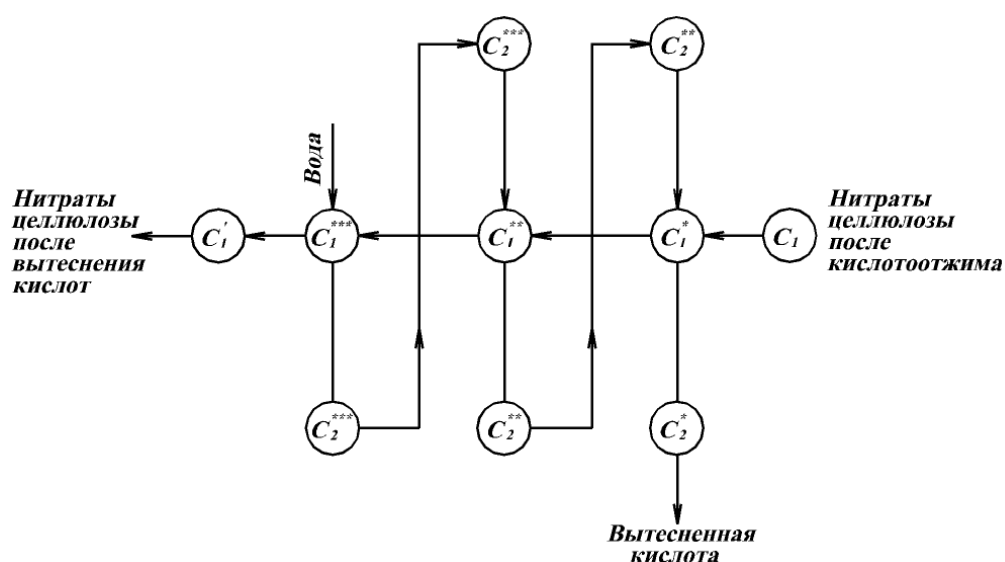


Рисунок 1 – Схема витіснення кислот із нітратів целюлози

На приведеному рисунку: C_1 , C_1^* , C_1^{**} , C_1^{***} - масова частка адсорбованих кислот в нітратах целюлози відповідно до витіснення, на першій, другій, третій стадіях витіснення. C_2^* , C_2^{**} , C_2^{***} - масова частка витіснених кислот відповідно після першої, другої і третьої стадій витіснення.

Для стійкості процесу багатоступеневого витіснення необхідно, щоб в систему вводився один об'єм води на один об'єм відпрацьованої нітраційної кислотної суміші, утриманої нітратами целюлози.

Таким чином, витіснена кислота кожної наступної стадії є зрошуючою кислотою попереднього ступеня витіснення. Відпрацьована кислотна суміш з першої секції розділяється на два потоки: перший, більш концентрована фракція (67-75 % від загальної маси витісненої кислоти), направляється на фазу змішання кислот для зміцнення, а частина, що залишилася, надходить на фазу регенерації кислот.

Температура зрошуючих кислот в зоні проточної етерифікації не більше 10 °С, в зоні рекуперації 6-10 °С. Такий режим створюється для зменшення процесу денітрації нітратів целюлози.

Для улову газоповітряної суміші, з вмістом туману, парів азотної кислоти і окисів азоту, відділення змішування кислот, нітратори-дозатори та апарат БВВК підключаються повітря-газоводами до абсорбційної установки.

Із зони рекуперації кислот целюлоза з кислотністю не більше 8% потрапляє у розгрузочну зону апарату БВВК, звідки йде на подальшу обробку.

1.3 Вплив різноманітних факторів на вміст азоту нітраційної суміші

Підвищення температури збільшує швидкість всіх протікаючих в цих умовах реакцій. Дані показують, що при 0 °С за 30 хв. в нітраті целюлози досягається вміст азоту 10,71 % , при 19 °С за той же час - 12,72 %, а при 40 °С відповідно 13,07 %.

Однак підвищення температури не збільшує кінцеву ступінь етерифікації. Це пов'язано з тим, що кінцева ступінь етерифікації визначається не швидкістю реакції, а сумою швидкостей дифузійних процесів.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Крім того, при підвищенні температури збільшується швидкість реакцій гідролізу та окислення нітратів целюлози, що веде до їх деполімеризації та зменшення граничного ступеня етерифікації. Нітрати целюлози, отримані при 50 °С, мають крихке волокно. При 60 - 80 °С залежно від складу суміші відбувається повне руйнування волокна і його розчинення в кислоті. Практично температуру нітрації тримають в межах 20 - 36 °С і встановлюють її залежно від в'язкості целюлози і виду одержуваного нітрату.

При оцінці часу процесу нітрації слід враховувати те, що сама реакція етерифікації не тривала. Але зважаючи на гетеростатичність системи швидкість нітрування обумовлена дифузними процесами і залежить від властивостей целюлози, складу кислотної суміші, температури нітрації, модуля нітрації і апаратурного оформлення нітраційного процесу.

Деревна целюлоза нітрується повільніше, ніж бавовняна, тому для її нітрації слід застосовувати більш активні кислотні суміші, що містять меншу кількість води і більшу кількість азотної кислоти. При нітрації малої кількості целюлози процес відбувається досить швидко.

На швидкість нітрації впливає склад нітруючої суміші. Наприклад, при складі кислотної суміші H_2SO_4 - 63,4 %, HNO_3 - 31,6 %, H_2O - 5 % за час нітрації 1 хв. накопичення азоту в нітраті целюлози становить 10 %, за 2 хв. - 11,83 %, за 5 хв. - 12,9 %, за 15 хв. - 13,14 %. Із збільшенням вмісту води в кислотній суміші різко зменшується швидкість нітрації.

Час нітрації є важливим показником технологічного процесу, який впливає не тільки на продуктивність обладнання, а й на характеристики одержуваного продукту. Недостатня тривалість процесу нітрації дає вміст азоту в нітратах целюлози менше можливого при заданих умовах.

Перевищення часу, при якому досягається максимально можливий вміст азоту, призводить до його втрати внаслідок денітрації. Тривалість обробки целюлози впливає також на в'язкість одержуваних нітратів целюлози: чим більше час обробки нітратів целюлози, тим нижче в'язкість.

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ					

Для пояснення впливу складу нітруючих сумішей на ступінь етерифікації був досліджений зв'язок між фізико-хімічними властивостями сумішей і вмістом азоту в нітратах целюлози. У результаті була встановлена залежність між тиском парів азотної кислоти над нітруючою сумішшю і ступенем етерифікації. При цьому вважалось, що нітритним агентом є вільна азотна кислота у вигляді безводного моногідриту HNO_3 . Чим більше моногідриту в кислотній суміші, тим вище тиск парів кислоти над сумішшю і більше її нітруюча здатність. Графіки залежності ступеня етерифікації від тиску парів азотної кислоти приведено на рисунку 2.

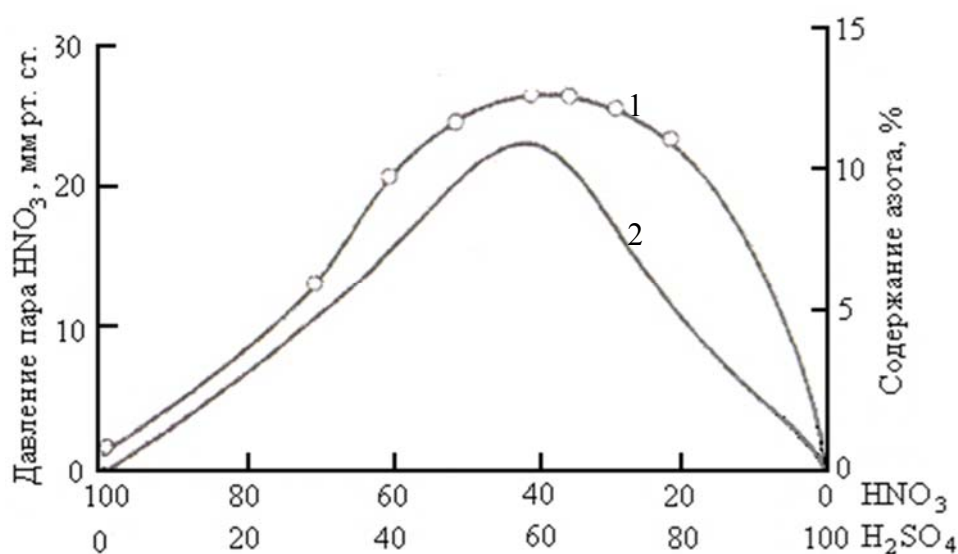


Рисунок 2 - Залежність ступеня етерифікації (1) целюлози від тиску парів азотної кислоти (2)

При додаванні сірчаної кислоти до подвійних сумішей HNO_3 і H_2O підвищується парціальний тиск парів HNO_3 і збільшується вміст азоту в нітратах целюлози. Такий вплив сірчаної кислоти пояснюється тим, що молекули H_2SO_4 утворюють з водою стійкі гідрати.

Стійкість гідратів сірчаної кислоти більше стійкості гідратів азотної кислоти. Тому збільшення вмісту сірчаної кислоти в нітруючій суміші збільшує кількість у ній безводного моногідрату HNO_3 .

Подальше збільшення вмісту сірчаної кислоти призводить до зменшення нітруючої здатності кислотної суміші і знижує тиск парів азотної кислоти.

1.4 Робота головного апарату БВВК

Реакційна суміш із нітраторів-дозаторів після певного періоду етерифікації автоматично, після відкриття зливних кранів розвантажується до кільцевого жолобу апарата БВВК, який повільно обертається.

Після спустошення нітратора-дозатора, його зливний кран зачиняється та цикл роботи повторюється. Вивантажена порція целюлози розтікається по фальшивому дну жолоба. При ньому відпрацьована нітраційна кислотна суміш природним стоком через фальшиве дно потрапляє до секції піддона, а нітрат целюлози укладається гребінкою на фальшивому дні рівним шаром певної висоти.

Збільшення шару нітрату целюлози на конвеєрі сприяє покращенню кислотного балансу. Проте час обробки нітрату целюлози кислотними сумішами з спадаючою масовою часткою на практиці прямо пропорційний його висоті. Отже, зі збільшенням шару нітрату целюлози збільшується час рекуперації та погіршуються його фізико-хімічні властивості.

Для чотирьохступеневого циклу витискування більш раціональна висота шару нітрату целюлози 0,25-0,4м.

Під час обертання конвеєру нові порції суміші з інших нітраторів-дозаторів подаються на його фальшиве дно, створюючи безперервний шар нітрату целюлози певної висоти. Нітрати целюлози перед надходженням до зони рекуперації кислот (зону зрошення слабкими кислотними сумішами з спадаючою масовою часткою) в цілях зменшення їх денітрації охолоджуються до температури 5-10°C в залежності від марки нітрату целюлози.

Відпрацьовані нітратні кислотні суміші, які надходять до зони проточної нітрації з піддону, заздалегідь відфільтровані від часток нітратів целюлози у фільтрі, насосом у кількості, яка по обсягу приблизно рівна тій, що утримується нітратом целюлози у цій зоні кислот, подається у напірний бак, звідки через холодильник, у якому охолоджується до потрібної температури, надходять через колектор у зрошувачі кислот.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Нітрат целюлози, який перебуває у жолобі рівномірно зрошується по поверхні зі зрошувальних жолобів, маючих зубчаті верхні кромки.

Надлишок відпрацьованих нітраційних кислотних сумішей надходять на фазу змішення кислот для укріплення та подальшого їх використання у виробничому циклі. Під час обертання конвеєру охолодженні у зоні проточної нітрації нітрати целюлоз надходять у зону рекуперації кислот, де вони послідовно в залежності зі ступенями витискування зрошуються кислотними сумішами з спадаючою масовою часткою.

В останній ступені зрошуються водою, яка надходить у рекупераційний цикл з контрольної ємності. Витиснуті кислоти надходять до відповідної секції піддону апарата.

1.5 Застосовувані у виробництві матеріали та їхня характеристика

У процесі нітрації целюлози використовуються наступні виробничі матеріали: кислоти азотна та сірчана, целюлоза, меланж кислотний – утворений із суміші кислот та вихідний продукт – колоксилін.

1.5.1 Характеристика та властивості кінцевого продукту – колоксиліну

Причиною вибухових властивостей у нітратів целюлози є наявність нітратних груп. Нітрати целюлози чутливі до різних впливів (удару, тертя, іскри). Більшою мірою ці властивості проявляються у високо азотних нітратів целюлози - колоксилінів.

Дуже чутливий до удару сталевим предметом сухий колоксилін. Ці властивості підсохлого колоксиліну необхідно враховувати у виробничих умовах. Із збільшенням вологості чутливість колоксиліну знижується.

При вмісті 20 % вологи колоксилін не детонує при ударі. При вологості приблизно 30 % колоксилін вважається безпечним у використанні. Навіть капсуль - детонатор не викликає в ньому детонацію.

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ

Але при наявності в ньому невеликої кількості сухого колоксиліну (що грає роль проміжного детонатора) такий колоксилін може здетонувати. Всі види нітратів целюлози з вологістю більше 12 % при температурі 20 - 40 ° С нечутливі до тертя, а також не загоряються від вогнепровідного шнура.

Чутливий сухий колоксилін до ударної хвилі. Горіння колоксиліну при певній щільності і тиску може переходити в детонацію. Чим менше щільність і вище тиск, тим більше можливості переходу горіння в детонацію. Швидкість детонації пресованого колоксиліну дорівнює 6500 - 7500 м/с при щільності 0,8 - 1,3 г/см³ відповідно.

Чутливість колоксиліну до електричної іскри залежить від його дисперсності, вологості, температури і вологості навколишнього повітря. Мінімальна енергія займання нітратів целюлози при їх дисперсності 0,2 - 0,3 мм і вологості не більше 4 %, температурі навколишнього повітря 18 - 22 °С і відносній вологості 40 - 70 % становить $2 \cdot 10^{-2}$ Дж. Імовірність займання від іскрового заряду збільшується, якщо нітрати целюлози знаходяться в підвішеному стані.

1.5.2 Характеристика та властивості целюлози

Целюлоза являється природною високомолекулярною сполукою, що є основою більшості рослин. Ресурси целюлози при раціональному використанні можуть відновлюватися в практично необмежених кількостях.

За своєю хімічною природою целюлоза відноситься до сахарів, що доводиться глибоким кислотним гідролізом, при якому виходить глюкоза і її вихід становить 98 - 99%.

Для виробництва нітратів целюлози використовується целюлоза, отримана з бавовни і деревини (переважно з хвойних порід). Бавовняну целюлозу отримують з лінту (коротковолокнистої бавовни довжиною 12 - 15 мм), що залишається на насінні бавовника після зняття довгого волокна, застосовуваного для вироблення бавовняної пряжі.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Лінт, знятий з насіння, забруднений механічними домішками і містить речовини, що перешкоджають його хімічній переробці. Тому лінт піддають очищенню і нормують по в'язкості. Бавовняна целюлоза застосовується для виготовлення високоякісних колоксилінів, в тому числі колоксиліна марки Н, що використовується для виготовлення баліститного пороху, окремих видів піроксилінів. Щоб виділити целюлозу з деревини, її подрібнюють і піддають варінню

1.5.3 Характеристика та властивості застосовуваних кислот

Іншим важливим видом сировини у виробництві нітратів целюлози є азотна кислота, використовувана в нітруючій суміші. Концентрована азотна кислота являє собою безбарвну рідину з їдким задушливим запахом.

Молекулярна маса азотної кислоти 63, щільність 1521 кг/м³, температура кипіння 86 °С, питома теплоємність 1,759 кДж/кг. З водою змішується в будь-яких співвідношеннях. Азотна кислота негорюча і не вибухонебезпечна.

Проте при попаданні концентрованої азотної кислоти на соломку, папір, деревину, нафтопродукти та інші органічні речовини можливе їх займання, а при взаємодії з органічними розчинниками (спиртом, скипидаром і т.д.) можливий вибух.

Нітруюча кислотна суміш, використовувана при нітрації целюлози, включає сірчану кислоту з масовою часткою моногідрату (H₂SO₄) не менше 92,5%, або олеум з масовою часткою вільного сірчаного ангідриду не менше 19%. Сірчана кислота являє собою безбарвну маслянисту рідину. Молекулярна маса сірчаної кислоти 98,078, щільність 1830,5 кг/м³.

Сірчана кислота є однією з активних неорганічних кислот, реагує майже з усіма металами і їх оксидами, вступаючи в реакцію обмінного розкладання. Особливо агресивні водні розчини сірчаної кислоти при нагріванні. Однак

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

холодна концентрована кислота не діє на метали, що дозволяє її зберігати і транспортувати в ємностях з вуглецевої сталі.

1.6 Короткі характеристики пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Короткі характеристики пожежо- та вибухонебезпечності речовин використовуваних у процесі нітрації зведені до таблиці 1:

Таблиця 1 – Характеристика пожежо- та вибухонебезпечних речовин

Найменування	Характеристика пожежо- та вибухонебезпечності
Кислота азотна	Негорюча пожежонебезпечна рідина, сильний окислювач при контакті з горючими матеріалами викликає їх самозаймання. Дуже димить на повітрі, виділяючи при цьому окисли азоту та пари азотної кислоти, котрі утворюють з вологою повітря туман.
Меланж кислотний	Негорюча пожежонебезпечна рідина, сильний окислювач. Нескінченно розчиняється у воді. За деяких умов нітрує органічні речовини, різко підвищуючи їх пожежонебезпечність. При контакті з багатьма горючими матеріалами викликає їх самозаймання.
Целюлоза	При піднесенні вогню целюлоза горить. Промаслена жирами, кисла целюлоза здатна самозайматися. Температура займання 210°C. Температура самозаймання 407 °С.
Колоксилін	Відноситься до вибухових речовин. Детонація сухого колоксиліну може бути викликана ударом стальним предметом та подібними імпульсами. Зі збільшенням об'єму концентрації окису азоту чутливість колоксиліну до удару та тертю значно збільшується. Незначний удар по підсохлому колоксиліну може призвести до вибуху. Сухий колоксилін від полум'я згорає, не детонує.

1.7 Опис функціонування основного обладнання

У процесі нітрації целюлози використовується велика кількість промислових апаратів назви та призначення яких зведені до таблиці 2.

Таблиця 2 – Опис функціонування основного обладнання

Найменування обладнання	Призначення та основні характеристики обладнання
Бункер-дозатор	Призначений для прийому висушеної та подрібненої целюлози з фази сушки і безперервної подачі її в нітратом дозатор або мутильник, а також для безперервного рівномірного дозування целюлози в проточний реактор (змочувач) за допомогою горизонтально розташованих шнеків.
Камера улову пилу	Призначена для улову (збирання) пилу і відпрацьованого повітря з бункерів-дозаторів. В результаті зібраний пил використовується для виготовлення іншої марки колоксиліну.
Зрошувальний холодильник	Призначений для охолодження кислотних сумішей.
Напірний бак	Призначений для прийому кислотних сумішей з фази прийому на фазу нітрації.
Нітратор-дозатор	Призначений для дозування целюлози та кислотних сумішей згідно з прийнятим модулем і попереднім нітрування целюлози.
Проточний реактор (змочувач)	Призначений для безперервного змішування целюлози, що поступає з бункерів-дозаторів, з кислотною сумішшю, що надходить з напірного бака через тангенціально розташовані бакові трубки.
Теплообмінник	Призначений для підтримки заданої температури кислотних сумішей.
Аварійна ємність	Призначена для прийому кислотної суспензії в разі зупинки чи забивки РПА чи маслопрвід.
Аварійний насос	Призначений для перекачки кислотних суспензій целюлози із аварійної ємності в кругові апарати БВВК.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2 АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для того, щоб визначити параметри, які слід взяти під контроль, управління та сигналізацію, необхідно дослідити основні потоки речовин та їхній рух.

2.1 Структура побудови АСУ ТП

Системи управління об'єктом автоматизації можуть бути в деяких випадках однорівневими централізованими, однорівневими децентралізованими і багаторівневими [4]. Однорівневі системи управління, в яких управління об'єктом здійснюється з одного пункту управління, називаються централізованими. Однорівневі системи, в яких окремі частини складного об'єкта керуються з самостійних пунктів управління, називають децентралізованими.

Однорівневі централізовані системи застосовуються в основному для управління відносно нескладними об'єктами або об'єктами, розташованими на невеликих територіях.

Більшість промислових об'єктів, в тому числі виробничих, в даний час представляють собою складні комплекси, окремі частини яких розташовані на значній відстані один від одного.

Якщо управління такого комплексного об'єкта побудувати по однорівневої централізованій системі, то набагато ускладняться комунікації системи управління, різко зростуть витрати на її спорудження та експлуатацію, центральний пункт управління вийде громіздким.

Переробка інформації, велика частина якої є непотрібною для безпосереднього ведення технологічного процесу, представляє великі труднощі. Віддаленість пункту управління від того чи іншого допоміжного підоб'єкту ускладнює прийняття оперативних заходів щодо усунення тих чи інших неполадок. У цьому випадку більш прийнятною стає однорівнева децентралізована система управління.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Однак за допомогою однорівневих систем не завжди представляється можливим оптимально вирішити питання управління технологічними процесами. Це в першу чергу відноситься до складних технологічних процесів. Тоді доцільно переходити до багаторівневих систем управління.

2.2 Рух матеріальних потоків

Згідно опису ТП стабілізації колоксиліна і умов протікання технологічного процесу складемо структурну схему руху матеріальних потоків.

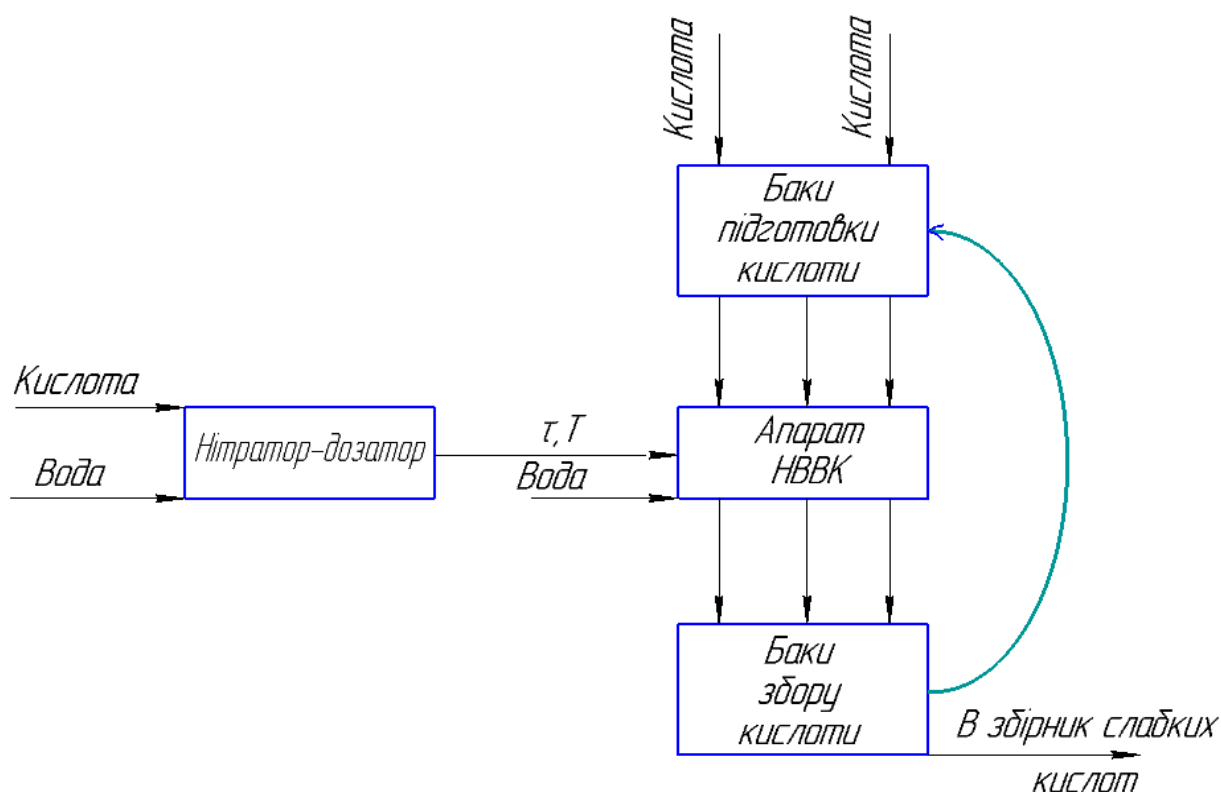


Рисунок 3 – Структурна схема руху матеріальних потоків

На основі схеми руху матеріальних потоків визначимо параметри для сигналізації, контролю і управління. І зведемо їх до таблиці 3.

2.3 Характеристика вхідних і вихідних сигналів

Для більш правильного вибору засобів автоматизації необхідно володіти знаннями про умови експлуатації, межу вимірювання, точність, характеристику контрольованого середовища тощо.

На всі ці питання можна сформулювати відповідь на основі технологічного регламенту до цього виробництва і відповідно до нього отримати на виході продукцію з бажаними характеристиками. Складемо таблицю вимірюваних параметрів, у якій зазначаються межі вимірювання технологічних параметрів, точність вимірювання, характеристика середовища.

Таблиця 3 – Таблиця вимірюваних параметрів та меж їх вимірювання

	Найменування параметра і місце відбору вимірюваного параметра	Задане значення вимірюваного параметра, допустиме відхилення	Відтворювана інформація				Найменування регулюючої дії. Місце встановлення регулюючого органа	Ха-ка середовища в місці встановлення			
			показ	регист	сигнал	регу		Давачі		Рег. органи	
1	Витрати кислоти на вході нітратор-дозатора	$9 \pm 0,5$ м ³ /год					Регулювання витрат. РО встановлюється на трубопроводі перед нітратор-дозатором.				
2	Тиск парів кислоти в баку зрошуючих кислот 1-ї зони.	$2,4 \pm 0,1$ кгс/см ²					Регулюючий клапан на виході бака зрошуючих кислот				
3	Тиск парів кислоти в баку зрошуючих кислот 2-ї зони.	$2,4 \pm 0,1$ кгс/см ²					Регулюючий клапан на виході бака зрошуючих кислот				
4	Тиск парів кислоти в баку зрошуючих кислот 3-ї зони.	$2,4 \pm 0,1$ кгс/см					Регулюючий клапан на виході бака зрошуючих кислот				

Продовження таблиці 3 – Таблиця вимірюваних параметрів та меж їх вимірювання

	Найменування параметра і місце відбору вимірюваного параметра	Задане значення вимірюваного параметра, допустиме відхилення	Відтворювана інформація				Найменування регулюючої дії Місце встановлення регулюючого органа	Ха-ка середовища в місці встановлення			
			показуючий	регістрація	сигналізація	регулюва		Давачі		Рег. органи	
								АГ	По	АГ	По
5	Тиск парів кислоти в баку циркулюючих кислот	$2,4 \pm 0,1$ кгс/см					Регулюючий клапан на виході бака циркулюючих кислот				
6	Температура нітрованої целюлози в апараті неперервного видалення відпрацьованих кислот	10 ± 1 °C					Регулюючий клапан подачі води на вході апарата.				
7	Температура етерифікованої целюлози в нітратові-дозері	60 ± 5 °C					Регулюючий клапан на виході нітратора-дозатора				
8	Температура зрошуючих кислот на виході баків зрошуючих кислот	40 ± 5 °C					-				
9	Рівень кислоти в баку зрошуючих кислот	1600 ± 100 мм					Регулюючий клапан на трубопроводі від напірних башт				

Продовження таблиці 3 – Таблиця вимірюваних параметрів та меж їх вимірювання

	Найменування параметра і місце відбору вимірюваного параметра	Задане значення вимірюваного параметра, допустиме відхилення	Відтворювана інформація				Найменування регулюючої дії Місце встановлення регулюючого органа	Ха-ка середовища в місці встановлення			
			показуючий	регістрація	сигналізація	регулюван		Давачі		Рег. органи	
								Аг	По	Аг	По
0	Рівень кислоти в баку циркулюючих кислот	1600 ± 100мм					Регулюючий клапан на трубопроводі від збірника концентрованих кислот				
11	Рівень кислоти в баках зрошуючих кислот 1-ї зони	1600 ± 120мм					Регулюючий клапан на трубопроводі від збірника концентрованих кислот				
12	Рівень кислоти в баках зрошуючих кислот 2-ї зони	1600 ± 120мм					Регулюючий клапан на трубопроводі від збірника концентрованих кислот				
13	Рівень кислоти в баках зрошуючих кислот 3-ї зони	1600 ± 120мм					Регулюючий клапан на трубопроводі від збірника концентрованих кислот				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ

Лист

24

Продовження таблиці 3 – Таблиця вимірюваних параметрів та меж їх вимірювання.

	Найменування параметра і місце відбору вимірюваного параметра	Задане значення вимірюваного параметра, допустиме відхилення	Відтворювана інформація				Найменування регулюючої дії Місце встановлення регулюючого органа	Ха-ка середовища в місці встановлення			
			показувач	регістрація	сигналізація	регулюван		Давачі		Рег. органи	
								Аг	По	Аг	По
4	Рівень реакційної суміші в апараті неперервного видалення відпрацьованих кислот	400 ± 50 мм					Регулюючий клапан на виході нітраторів-дозаторів				
15	Концентрація кислоти в апараті неперервного видалення відпрацьованих кислот	96±1%					Регулюючий клапан на виході бака зрошуючих кислот 2-ї зони				
16	Концентрація кислоти в апараті неперервного видалення відпрацьованих кислот	% 96±1					Регулюючий клапан на виході бака зрошуючих кислот 3-ї зони				

Виходячи з обраних параметрів управління, структурна схема системи керування, має вигляд наведений на рисунку 4:

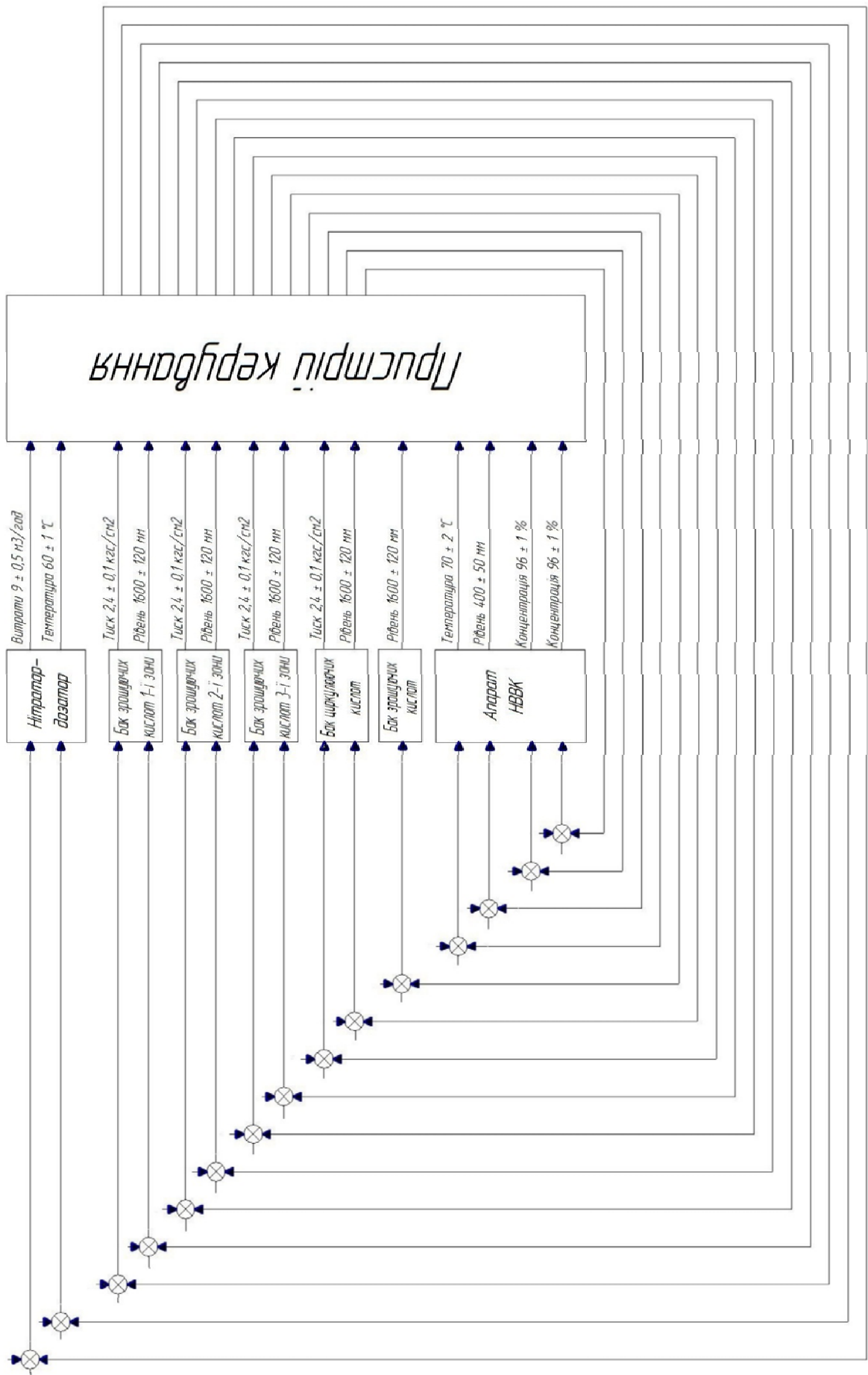


Рисунок 2.3 – Структурна схема системи керування

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ

Лист

26

3 ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ

Тепер, розуміючи технологічний процес нітрації целюлози, можна спроектувати основні канали контролю, управління та сигналізації.

3.1 Визначення основних каналів керування, сигналізації та блокувань

На першому етапі розробки автоматизованої системи управління (АСУ) технологічного процесу нітрації целюлози вважається доцільним використання 3-х рівневу систему.

У відповідності з класичними принципами побудови різних АСУ ТП, на верхньому рівні (центральний диспетчерський пункт) зазвичай вирішуються задачі диспетчеризації, відображення оперативної інформації і розрахунок економічних показників.

АСУ, що проектується, є дворівневою. Нижній рівень виконує функції локального управління та збору інформації, а верхній рівень - функції супервізорного управління.

Для реалізації функції локального управління та збору інформації, що передається на робочу станцію оператора, модуль ПЛК повинен мати достатню кількість універсальних входів та уніфікованих виходів. Через аналогові входи вводяться такі сигнали:

- 1) Температура кислотної суміші в баках зрошуючи кислот 1-ї зони;
- 2) Температура кислотної суміші в баках зрошуючи кислот 2-ї зони;
- 3) Температура кислотної суміші в баках зрошуючи кислот 3-ї зони;
- 4) Температура реакційної суміші в апараті БВВК;
- 5) Положення приводу фальшивого дна апарата БВВК;
- 6) Тиск нітроз них газів в баках зрошуючи кислот;
- 7) Витрати кислотної суміші;
- 8) Температура етерифікованої целюлози в нітраторах- дозерах;
- 9) Рівень кислотної суміші в баках зрошуючи кислот;
- 10) Концентрація відпрацьованих кислот на виході апарата БВВК;

11) Швидкість обертання мішалок в нітраторах-дозерах;

12) Швидкість подачі кислотної суміші в систему відцентровими насосами.

Перші п'ять сигналів є інформаційними і призначені для передачі на рівень супервізорного керування. Таким чином контролюються параметри кислотної суміші, реакційної суміші та положення приводу апарата БВВК.

Сигнали 5-12 є вхідними сигналами алгоритму управління – по цим сигналам формується сигнал управління, що встановлює ступінь відкриття регульованих клапанів.

Виконавча частина системи регулювання являє собою лінійний електропривод плавного регулювання для сідельного клапана та перетворювачі частоти для управління циркуляційними насосами та мішалками.

Для передачі інформації на верхній (супервізорний) рівень управління необхідно забезпечити введення інформації на ПК за допомогою інтерфейсу RS-485 через COM-порт. Протокол обміну даними ModBus.

Нашим вимогам відповідає програмований логічний контролер. Обмін інформації з робочою станцією оператора здійснюється за допомогою протоколу Modbus, інтерфейс RS-485, який підтримується контролером, тому додатковий конвертор інтерфейсів непотрібен.

Враховуючи всі вищезазначені задачі можна виділити відповідні канали керування, сигналізації та блокування для технологічного процесу, які зображені на рисунку 5.



Рисунок 5 – Структурна схема каналів управління, сигналізації та блокування для автоматизованого процесу нітрації целюлози

3.2 Опис застосованих контурів контролю та управління

Засоби автоматизації, за допомогою яких буде здійснюватися керування технологічним процесом, повинні бути вибрані технічно грамотно й економічно вигідно. Автоматичні пристрої вибирають, враховуючи особливості об'єкту керування.

В першу чергу, враховують такі фактори, як пожеже- та вибухонебезпечність, токсичність та агресивність середовищ, число параметрів, які приймають участь в керуванні, та їх фізико-хімічні властивості, а також вимоги до якості контролю та регулювання.

Оскільки дане виробництво є пожеже-вибухонебезпечним, то здійснюємо автоматизацію на основі електричних засобів автоматизації у вибухозахищеному виконанні.

Розглянемо контур регулювання, реєстрації та сигналізації температури в апаратах нітраторах-дозаторах, (відповідно до функціональної схеми) який зображений на рисунку 6. Дані контури складається з вимірювальних перетворювачів температури (ТЕ), позиції 1а – 8а на виході яких формується стандартний уніфікований сигнал у вигляді постійного струму 4-20 мА, і програмованого логічного контролера (ПЛК).

При зміні температури на виході вимірювального перетворювача температури формується сигнал 4-20 мА, який надходить на ПЛК, який і забезпечує регулювання за допомогою виконавчого механізму (1б-4б) тільки в

контурах 1-4, контроль та реєстрацію на персональному комп'ютері текущего значення температури.

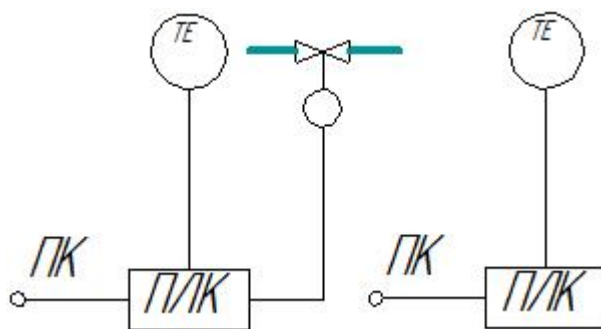


Рисунок 6 – Контур регулювання температури в нітратів-дозаторі

Розглянемо контур регулювання та сигналізації рівня в баках зрошуючих та циркулюючих кислот. Даний контур складається із рівнеміра (LE) позиції 19а-28а та програмованого логічного контролера (ПЛК).

При зміні рівня рідини в ємності на виході радарного рівнеміра формується стандартний уніфікований сигнал у вигляді постійного струму 4-20 мА, який надходить на ПЛК, який і забезпечує регулювання за допомогою виконавчого механізму (19б-24б) тільки в контурах 19-24 та реєстрацію на персональному комп'ютері текущего значення рівня рідини. Контур контролю рівня, відповідно до функціональної схеми, зображено на рисунку 7.

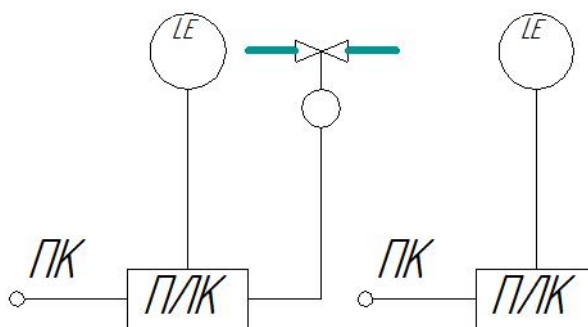


Рисунок 7 – Контур контролю рівня в баках зрошуючих та циркулюючих кислот

В даному проекті використовуються десять практично аналогічних контурів регулювання рівня (19-28).

Розглянемо контур регулювання, контролю та сигналізації витрат на вході нітратів-дозерів. Даний контур складається із перетворювача різниці тиску (FE) позиції 9а-12а та програмованого логічного контролера (ПЛК).

При зміні витрат кислот в трубопроводі на виході перетворювача формується стандартний уніфікований сигнал у вигляді постійного струму 4-20 мА, який надходить на ПЛК, який і забезпечує регулювання параметра за допомогою виконавчого механізму (96-126) та реєстрацію на персональному комп'ютері текучого значення витрат кислоти. Контур контролю витрат, відповідно до функціональної, схеми зображено на рисунку 8.

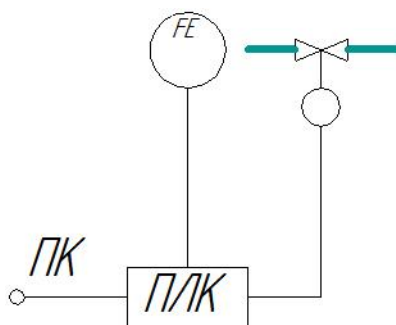


Рисунок 8 – Контур контролю витрат кислоти в трубопроводі

В даному проекті використовуються чотири аналогічних контури регулювання витрат, приведених на рисунку 6.

Розглянемо контур регулювання концентрації кислоти в на вході в апарат БВВК. Даний контур складається із первинного перетворювача кондуктометра з контактним датчиком (QE) позиції 17а, 18а та програмованого логічного контролера (ПЛК).

При зміні концентрації контрольованих параметрів на виході датчиків формується стандартний уніфікований сигнал у вигляді постійного струму 4-20 мА, ПЛК який забезпечує регулювання та видачу керуючого сигналу на виконавчий механізм(176, 186). Контур регулювання концентрації, відповідно до функціональної схеми, зображено на рисунку 9.

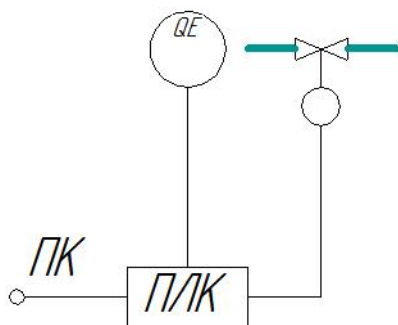


Рисунок 9 – Контур регулювання концентрації кислоти на виході апарата БВБК

В даному проекті використовуються два аналогічні контури регулювання концентрації, приведені на рисунку 9.

Розглянемо контур регулювання тиску нітрозних газів в баках зрошуючи кислот. Даний контур складається із первинного перетворювача тиску (PE) позиції 13а-16а та програмованого логічного контролера (ПЛК).

При зміні тиску контрольованих параметрів на виході датчиків формується стандартний уніфікований сигнал у вигляді постійного струму 4-20 мА, ПЛК який забезпечує регулювання, контроль та видачу керуючого сигналу на виконавчий механізм (13б-16б). Контур регулювання тиску, відповідно до функціональної схеми, зображено на рисунку 10.

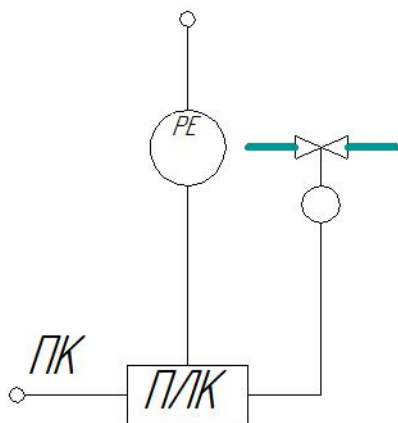


Рисунок 10 – Контур регулювання тиску нітрозних газів в баках зрошуючи кислот

В даному проекті використовуються чотири аналогічні контури регулювання тиску в баку циркулюючих кислот та баках зрошуючи кислот 1-ї, 2-ї та 3-ї зони, приведені на рисунку 10.

4 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Побудова надійної АСУ процесу нітрації целюлози вимагає вибору сучасних, надійних та швидкодійних засобів автоматизації.

4.1 Вибір первинних перетворювачів

Після вибору регулюючих, контрольованих та сигналізуючих величин перейдемо до вибору датчиків.

Контроль температури.

Для вимірювання температури можливе використання наступних типів датчиків температури:

а) Датчик температури ТСМУ Метран 274 Ехіа [10].

Термоперетворювачі ТСМУ Метран 274 Ехіа призначені для вимірювання температури нейтральних та агресивних середовищ. Чутливий елемент первинного перетворювача та вбудований в голівку датчика вимірювальний перетворювач перетворюють вимірюєму температуру в уніфікований вихідний сигнал постійного струму, що дає змогу обійтися без нормуючого перетворювача.



Рисунок 11 – Термоперетворювач ТСМУ Метран 274 Ехіа

Термоперетворювач має наступні технічні характеристики:

- Діапазон перетворюємих температур 0 – 100 °С
- Вихідний сигнал 4 – 20 мА;
- Основна приведена похибка $\pm 0,5$ %;
- Матеріал захисної арматури 12Х18Н10Т;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- Напруга живлення 18 – 24 В;
- Ступінь захисту IP65;
- Виробник фірма «Метран»;
- Вартість 1800 гривень.

б) Вимірювальний перетворювач температури ИПТВ-206ЕхМЗ-04 160 2РМ143 [11]. Вимірювальний перетворювач температури призначений для вимірювання в агресивних середовищах та безперервного перетворення температури в уніфікований струмовий сигнал 4 – 20 мА. ИПТВ-206Ех по типу обробки сигналу відноситься до аналогових виробів. Первинний перетворювач температури захищений спеціальним проникним ковпачком.



Рисунок 12 – Вимірювальний перетворювач температури ИПТВ-206Ех

Технічні характеристики:

- Діапазон перетворюємих температур 0 – 100 °С
- Вихідний сигнал 4 – 20 мА;
- Основна приведена похибка $\pm 0,3$ %;
- Виконання: вібростійке; захист від агресивних речовин.
- Довжина робочої частини 160мм;
- Вага 0,4-0,8 кг;
- Напруга живлення 24 В;

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

- Споживана потужність: не більше 1,2 Вт;
- Ступінь захисту IP65;
- Виробник фірма «Елемер»;
- Вартість 1526 гривень.

Порівнюючи технічні характеристики вибраних датчиків температури робимо висновок, що їхні характеристики майже однакові, але датчик типу ИПТВ-206 Ех має меншу приведену похибку і вартість. Тому для вимірювання температури будемо використовувати датчик ИПТВ-206Ех МЗ-04 160 2РМ-143.

Датчик цієї марки буде використовуватись для вимірювання температур в мішалках, головному апаратні БВВК та температур на виході з баків зрошуючих кислот (поз. 1а-8а на кресленні СУ 21ш. 6.050201. 03 А2).

Датчики тиску.

Для вимірювання тиску в баках зрошуючих кислот можливе використання наступних типів датчиків тиску:

а) Перетворювач тиску АИР-10-Ех-М1-ДІ-1190-М20-12х [12] призначений для перетворення в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА надлишкового тиску. Перетворювачі тиску використовуються в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами. Датчики оснащені сучасними тензорезистивними сенсорами з металевими і керамічними мембранами.

Тензорезистивні сенсори з металевою розділової мембраною з нержавіючої сталі 316L, виконані за технологією КНК, мають високу перевантажувальну здатність до 300 % від верхньої межі вимірювань. Застосовувані в датчиках керамічні сенсори мають високу стійкість до перевантажень (до 600 %) та особливо високою стійкістю до агресивних середовищ. Перетворювач надлишкового тиску призначений для вимірювання тиску: газу, пару, рідин, а також агресивних середовищ.

						СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист 35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			



Рисунок 13 – Перетворювач тиску АІР-10-Ех-М1-ДІ-1190-М20-12х

Технічні характеристики перетворювача тиску:

- Діапазон вимірюваного тиску 0,4кПа– 16 МПа;
- Діапазон робочих температур навколишнього повітря -10 до 50 °С
- Вибухозахищене виконання Ex;
- Можливість вимірювати тиск агресивних середовищ;
- Діапазон робочих температур контрольованого середовища -40до 120 °С;
- Напруга живлення 24 В;
- Споживана потужність не більше 1,5 Вт;
- Клас точності 1.0;
- Ступінь захисту корпусу датчиків тиску - IP65
- Виробник фірма «Елемер»
- Вартість 735 грн.

б) Датчик тиску мікропроцесорний ПД100-ДІ М-25-141-0,25 [13].

Перетворювач тиску мікропроцесорний ПД100-ДІ М призначений для перетворення в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА надлишкового тиску. Перетворювачі надлишкового тиску застосовуються в розподільних мережах ЖКГ, компресорних станціях, в харчовій промисловості тощо.

Завдяки новій цифровій схемі датчики ПД100-ДІ М мають підвищену надійність і завадостійкість. Вимірювання надлишкового тиску нейтральних до титану і нержавіючої сталі середовищ.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36



Рисунок 14 – Перетворювач тиску ПД100-ДІ М-25-141-0,25

Основні технічні параметри:

- Вихідний сигнал постійного струму - 4 ... 20 мА
- Діапазон робочих температур контрольованого середовища - 40 ... 110 ° С
- Напруга живлення - 12 ... 36 В постійного струму
- Діапазон вимірюваного тиску 10кПа – 25 МПа;
- Клас точності - 0.5;
- Споживана потужність - не більше 0,75 ВА
- Можливість вимірювати тиск агресивних середовищ;
- Ступінь захисту корпусу датчиків тиску - IP65
- Діапазон робочих температур навколишнього повітря - 40 ... 80 ° С
- Середній час напрацювання на відмову не менше 100 000 год
- Вага – не більше 0,2 кг;
- Штуцер для підключення датчиків тиску (основний варіант) - М20х1, 5
- Виробник фірма «Овен»
- Вартість 1100,80 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків АІР-10-Ех-М1-ДІ-1190-М20-12х та ПД100-ДІ М-25-141-0,25, а також їхню вартість можна зробити висновок, що вони мають схожі характеристики. Але із представлених датчиків вибираємо ПД100-ДІ М-25-141-0,25 так як він має потрібний нам діапазон

вимірювання, більший клас точності та меншу вартість. Датчик цієї марки буде використовуватись для вимірювання тиску в баках циркулюючих і зрошуючих кислот (поз. 13а-16а на кресленні СУ 21ш. 6.050201. 03 А2).

Датчики рівня.

Для вимірювання рівня відпрацьованих кислот в баках зрошуючих кислот можливе використання наступних типів датчиків рівня:

а) Радарний рівнемір Rosemount-5600 [14].

Радарний рівнемір серії 5600 – інтелектуальний прилад для безконтактного вимірювання рівня різноманітних продуктів в резервуарах та ємностях будь-якого типу.

Рівнеміри мають високу гнучкість завдяки широкому вибору змінних антен, прості в обслуговуванні та управлінні, що дозволяє здешевити затрати на обслуговування.



Рисунок 15 – Інтелектуальний радарний рівнемір Rosemount-5600

Основні технічні характеристики:

- Вимірювані середовища: кислоти, розчинники, суспензії, руди, гранульовані матеріали, порошкові матеріали та ін..
- Температура навколишнього повітря від -40 до +70 °С

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ

Лист

38

- Вихідний сигнал: 4-20 мА з цифровим сигналом на базі hart-протокола;
- Виконання: звичайне;
- Ступінь захисту від дії пилу та води IP66;
- Можливість вимірювання рівня 0 ÷ 20м;
- Похибка вимірювання рівня ±5 мм;
- Частота випромінення 10 ГГц;
- Діапазон робочих температур контролюваного середовища - 40 ... 400 °С
- Виробник: фірма «Метран»;
- Вартість: 3753 грн.

б) Радарний рівномір УЛМ-11А [15].

Рівнемір УЛМ-11А - це безконтактний радарний рівнемір побудований за принципом безперервного визначення рівня. Рівнемір УЛМ-11А оптимізований для вирішення загально-технологічних завдань безконтактного вимірювання рівня в різних резервуарах з рідкими продуктами та сипучими матеріалами.

Завдяки відсутності контакту з вимірюваним продуктом рівнемір УЛМ-11А ідеально підходить для вимірювання рівня більшості агресивних, вибухонебезпечних, харчових і високов'язких продуктів : кислоти, луги, води, різних розчинів, хімікатів, нафтопродуктів, мазуту, бітуму, спирту, газового конденсату.

У рівнемірі УЛМ-11А застосовується оригінальна технологія адаптивного підстроювання FMCW - системи, тому він однаково стійко вимірює рівень як рідких продуктів, так і різних сипучих матеріалів. Так само рівнемір УЛМ-11А повністю сумісний по протоколу і підключення до електромережі.

Робоча температура навколишнього середовища в місці установки датчика рівня знаходиться в діапазоні від -600С до +500 С, при цьому жодних додаткових утеплювачів і обігрівачів не потрібно. Нормальне функціонування рівнеміра при таких низьких температурах забезпечується внутрішньою, автономною системою підігріву, яка підтримує необхідну робочу температуру всередині датчика рівня.



Рисунок 16 – Радарний рівнемір УЛМ-31А

Основні технічні характеристики рівнеміра УЛМ-11А:

- Максимальна абсолютна похибка - ± 1 мм;
- Ширина вимірювального променя - 4° ;
- Діапазон вимірювання рівня – $0,1 \div 30$ м;
- Робоча температура навколишнього середовища - від -60 до +500 $^{\circ}\text{C}$;
- Температура контролюваного продукту - не обмежена;
- Напруга живлення - 24В постійного струму, або 220В 50Гц;
- Виконання - вибухозахищене 1ExdІІВТ6;
- Цифровий інтерфейс - RS485, Modbus;
- Аналоговий вихід - 4-20 мА;
- Виробник – фірма «Лімако»;
- Вартість – 3100 грн.

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ				

Порівнявши технічні характеристики датчиків рівня Rosemount-5600 та УЛМ-11А, а також їхню вартість можна зробити висновок, що вони мають схожі характеристики. Але із представлених датчиків рівня вибираємо датчик типу Rosemount-5600, так як він має менший нижній порог вимірювання рівня.

Датчик цієї марки буде використовуватись для вимірювання рівня в баках циркулюючих, зрошуючих кислот та головному апараті БВВК (поз. 19а-12а на кресленні СУ 21ш. 6.050201. 03 А2).

Датчики концентрації.

а) Кондуктометр АЖК-3110 [16].

Кондуктометр АЖК-3110 з контактним датчиком призначений для автоматичного вимірювання концентрації розчинів кислот, солей та інших розчинів, які не утворюють на електродах датчика плівку. Кондуктометр АЖК-3110 комплектується проточною або погрузною арматурою для встановлення комбінованого електрода.

Кондуктометр забезпечує цифрову індикацію значень основних вимірювальних параметрів. Електронний блок аналізатора розміщений у вибухозахищений корпус.



Рисунок 17 – Кондуктометр АЖК-3110 з контактним датчиком

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання концентрації (задається програмно):
 H_2SO_4 – 95....99%
 HNO_3 – 0....40%

					СУ3-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

• Діапазон робочих температур контролюваного середовища 0 ... 150 °С

- Тиск аналізованої рідини: не більше 0,6МПа;
- Довжина погрузної частини: 50....2000мм;
- Вихідний сигнал постійного струму - 4 ... 20 мА
- Межа допустимої приведеної похибки $\pm 2\%$;
- Ступінь захисту IP 65;
- Напруга живлення постійного струму: 12 – 36В;
- Виробник: фірма «ТД Аніон»
- Вартість: 1043 грн.

б) Кондуктометр КСО-У2 [17].

Кондуктометр КСО-У2 - стаціонарний промисловий автоматичний прилад безперервної дії, призначений для вимірювання концентрації сірчаної кислоти і олеуму. Прилад може бути також використаний для вимірювання концентрації розчинів, електрична провідність яких знаходиться в межах від 0,1 до 100,0 См/м.

Область застосування: виробництво сірчаної кислоти; виробництво і застосування розчинів, що не містять зважених, осідаючих частинок, що не кристалізуються і не утворюють плівок.

Основні технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання, %:
 - H₂SO₄ 92 – 96%
 - SO₃ 16 – 26 %
- Температура контролюваного середовища , +1 до +100° С
- Допустимі коливання температури середовища $\pm 15^{\circ}\text{C}$
- Межа допустимого значення основної зведеної похибки:
 - При вимірюванні H₂SO₄ $\pm 0,5\%$
 - При вимірюванні SO₃ $\pm 2,0\%$

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- Межі зміни вихідних сигналів: 0 – 5 мА С
- Габаритні розміри :- Первинного перетворювача 520 × 240 × 240 мм
- Вимірювального перетворювача 190 × 150 × 80 мм
- Живлення: 220В, 50Гц.
- Вартість: 2000 грн.

Порівнявши технічні характеристики кондуктометричних датчиків АЖК-3110 та КСО-У2, а також їхню вартість можна зробити висновок, що у них схожі характеристики. Але із представлених датчиків вибираємо датчик типа АЖК-3110 так як він має меншу вартість.

Датчик цієї марки буде використовуватись для вимірювання концентрації на виході головного апарату БВК (поз. 17а, 18а на кресленні СУ 21ш. 6.050201. 03 А2).

Датчики витрат.

Для вимірювання витрат кислоти на вході в апарат нітратом-дозер можливе використання наступних типів датчиків витрат:

- а) Перетворювач витрат вихроакустичний Метран-300ПР [18].

Серія вихроакустичних перетворювачів витрат призначені для вимірювання об'ємних витрат водопровідної, технічної води, кислот, пластових вод. Електричне з'єднання перетворювача із вторинними приладами здійснюється через штепсельний роз'єм або сальниковий ввід.



Рисунок 18 – Перетворювач витрат вихроакустичний Метран-300ПР

Технічні характеристики:

- Діапазон температур вимірюваного середовища 1 ... 150 °С

- Надмірний тиск вимірюваного середовища до 1,6 МПа
- Умовний прохід Ду 25 ... 300
- Межі вимірювання витрати 0,18 ... 2 000 м³ / год
- Межі відносної похибки вимірювання об'єму ± 1,0%
- Вихідні сигнали:
імпульсний пасивний;
струмовий уніфікований 4-20 мА, 0-5 мА;
цифровий ModBus RTU/RS485;
- Живлення від джерела постійного струму стабілізованою напругою від 16 до 36 В;
- Виробник фірма: «Метран»
- Вартість 6500 грн.

б) Перетворювачі вимірювальні різниці тисків САПФІР-22ДД-2430 [19].

Прилад призначений для роботи в системах контролю, регулювання та керування технологічними процесами шляхом безперервного перетворення різниці тиску середовища в стандартний струмовий вихідний сигнал з передачею його на вторинну апаратуру або виконавчі механізми.

Прилади використовуються для вимірювання витрати рідин, газу, пари, кислоти. Перетворювачі «Сапфір-22ДД-Ех» можуть встановлюватися у вибухонебезпечних зонах установок і приміщень.



Рисунок 19 – Перетворювач витрат САПФІР-22ДД-2430

						Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	

Технічні характеристики:

- Верхня межа вимірювань: 25 кПа;
- Гранично допустимий робочий надлишковий тиск 16кПа;
- Межа основної похибки $\pm 0,25\%$;
- Вихідний сигнал постійного струму - 4 ... 20 мА, 0-5 мА;
- Межі вимірювання витрати 0,1 ... 100 м³ / год
- Напруга живлення постійного струму: 24В;
- Споживана потужність: 1,0 Вт;
- Кліматичне виконання УХЛ;
- Виробник: Компанія ТОВ "Прилад";
- Вартість: 2025 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків Метран-300ПР та САПФІР-22ДД-2430, а також їхню вартість, вибираємо САПФІР-22ДД-2430 так як він має більший клас точності, прийнятні нам межі вимірювання та меншу вартість.

Датчик цієї марки буде використовуватись для вимірювання витрат на вході нітраторів-дозаторів (поз. 9а-12а на кресленні СУ 21ш. 6.050201. 03 А2).

4.2 Вибір виконавчих механізмів

Регульований електропривід.

Виробництво нітрату целюлози в цілому характеризується наявністю пожежо-вибухонебезпечних контактів з середовищем. В більшості трубопроводів технологічної схеми виробництв протікають розчини кислот, які сильними окислювачами, але не являються горючими.

Виходячи із попередньо наведених міркувань для регулювання параметрів технологічного процесу будемо вибирати регулюючі клапани матеріали яких стійкі до контактуючого агресивного середовища та мають відповідний ступінь захисту. Регулюючими клапанами найкраще керувати за допомогою електричних виконавчих механізмів, які забезпечать швидке

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

реагування на вхідний керуючий сигнал. Розглянемо декілька варіантів застосовуваних в процесі автоматизації регулюючих клапанів.

а) Velimo NV24-MFT [20] електропривід для регулюючих сідельних клапанів.

Електропривід для 2х -3х - ходових сідельних клапанів DN 15 ... 80 з перехідником (UNV - 002). Електропривід з аналоговим управлінням (AC / DC 24 В). Керуючий сигнал DC 0 ... 10 В. Плавне регулювання здійснюється за допомогою стандартного аналогового управляючого сигналу 0 ... 10 В. MFT - Інтегральний мікропроцесор дозволяє змінювати в широкому діапазоні параметри внутрішньої конфігурації приводу.

Особливістю такого виду приводу є простий монтаж. Привід легко кріпиться до шийки клапана за допомогою спеціального хомута. Шток клапана автоматично з'єднується з штоком приводу. Привід може бути закріплений на шийці клапана в будь-якому положенні.

Привід захищений від короткого замикання і від переполюсовки ланцюга живлення. В приводі застосовується можливість ручного управління за допомогою 5 мм шестигранного ключа. Шток приводу показує стан клапана механічним індикатором на установочній скобі.



Рисунок 20 – Зовнішній вигляд електропривода Velimo NV24-MFT

Підключення електропривода до засобів автоматизації проводиться за допомогою клемника під кришкою приводу згідно схеми приведеної на рисунку 21.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46



Рисунок 21 – Схема електричних з'єднань електропривода Belimo NV24-MFT

Основні технічні характеристики електропривода:

- Напруга живлення АС 24В 50/60 Гц, DC 24В
- Діапазон напруги живлення АС 19,2...28,8В, DC 21,6..28,8В
- Розрахункова потужність 5 Вт
- Споживана потужність 3 Вт
- З'єднувальний кабель 1м, 5х0,75 мм²
- Керуючий сигнал DC 0...10В, 100 кОм
- Робочий діапазон DC 2...10В
- Номінальний хід 20 мм
- Фактичне зусилля 1000 Н – рух, 800 Н – утримання
- Ручне керування Шестигранним ключем, само повернення
- Час хода штока 1,75 с
- Рівень шуму 35 Дб
- Індикація положення механічна
- Ступінь захисту IP 54
- Клас захисту III
- Температура експлуатації 0...50 °C
- Вага 1,5 кг
- Виробник BELIMO Automation
- Вартість 2594 грн

б) Danfoss AMV 438 SU [21] редукторній електропривід із зворотною пружиною.

Редукторний електропривід Danfoss AMV 438 SU застосовують для управління регулюючими клапанами діаметром від DN 15 до DN 50. Електропривід встановлюється горизонтально або вертикально вгору. Приводи автоматично підлаштовують величину ходу свого штока до ходу штока клапана, що знижує час на введення клапана в експлуатацію.

Електропривід повинен бути встановлений спільно з штоком клапана горизонтально або вертикально. Для кріплення електроприводу не потрібні інструменти. Необхідно передбачити простір навколо клапана з приводом для забезпечення їх технічного обслуговування. Підключення електричних з'єднань здійснюється при знятій кришці.

Щоб відповідати класу захисту IP, необхідно використовувати відповідні гумові кабельні ущільнювачі і кабель діаметром не менше 6,2 мм.



Рисунок 22 – Зовнішній вигляд електроприводу Danfoss AMV 438 SU

Основні технічні характеристики електропривода:

- Напруга живлення DC 24В
- Діапазон напруги живлення DC 21,6..28,5В
- Споживана потужність 12 Вт
- З'єднувальний кабель 1м, 6x0,75 мм²
- Керуючий сигнал аналоговий DC 0...10В, 4...20 мА
- Номінальний хід штока 15 мм
- Фактичне зусилля 450 Н

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

- Максимальна температура носія 150 °С
- Час ходу штока 5 с
- Рівень шуму 35 Дб
- Зовнішній світлодіодний індикатор стану
- Захисна функція – повернення штока пружиною при знеструмленні.
- Ступінь захисту IP 54
- Температура експлуатації 0...55 °С
- Вага 2,3 кг
- Виробник Danfoss
- Вартість 3800 грн

Проаналізувавши технічні характеристики електроприводів Belimo NV24-MFT та Danfoss AMV 438 SU робимо висновок, що електропривід фірми Belimo має більш привабливіші характеристики, а саме: швидкість ходу штока, меншу споживану потужність, більше фактичне зусилля. Врахувавши всі зазначені переваги, а також його вартість, для АСУТП будемо використовувати електропривід Belimo NV24-MFT.

Вибір клапанів.

Для безпосередньої взаємодії на протікаючи в трубопроводі технологічні речовини необхідно обрати клапан. Так як вибраний електропривід Belimo NV24-MFT призначений для роботи в комплекті з сідельними клапанами то обираємий нами клапан буде сідельного типу. Діаметр умовного проходу обраного клапана повинен задовольняти умовам технологічного регламенту щодо витрат певної речовини.

Обираємо клапан Danfoss VF 3 [22] – сідельний 3-х ходовий регулюючий клапан. Сідельні 3-х ходові регулюючі клапани Danfoss VF 3 призначені для регулювання витрат в системах опалення та охолодження, а також агресивних речовин стійких до матеріалу корпусу.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49



Рисунок 23 – Зовнішній вигляд сідельного клапана Danfoss VF 3

Основні технічні характеристики вибраного клапана:

- Номінальний діаметр: DN 40 мм.
- Пропускна здатність: $kvs = 25 \text{ м}^3/\text{год}$.
- Номінальний тиск, PN: 16 бар.
- Температура регульованою середовища: $-10 \dots 130 \text{ }^\circ\text{C}$ При температурах регульованою середовища від $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+2 \text{ }^\circ\text{C}$ необхідний нагрівач штока.
- З'єднання: фланцеве.
- Пружне ущільнення затвора -100% герметичність.
- Характеристика регулювання: логарифмічна.
- 3-ходовий клапан може бути застосований, як змішувальний або як розділовий.
- Матеріал корпусу: чавун GG 25.
- Матеріал конусу: латунь, нержавіюча сталь.
- Сідло: нержавіюча сталь.
- Шток: нержавіюча сталь.
- Ущільнення штока: EPDM кільце.
- Клапани відповідають вимогам PED директиви 97/23/EC.
- Виробник Фірма Danfos
- Вартість 3300 грн.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Вибраний нами клапан повністю задовольняє вимоги технологічного регламенту по пропускній здатності, так як середні витрати у трубопроводах складають 10 м³/год, при пропускній здатності вибраного клапана 25 м³/год.

Перетворювач частоти.

В даному виробничому процесі слід передбачити можливість регулювання швидкості обертання лопатей чотирьох мішалок в нітраторах-дозаторах, відцентрових насосів та рух конвеєру головного апарата БВВК .

З цією метою в ланцюг живлення електродвигунів необхідно встановити перетворювачі частоти. Для нітраторів-дозаторів і апарату БВВК використовуються двигуни потужністю 10 кВт, а для насосів по 0,75 кВт

а) Універсальний перетворювач частоти загального призначення серії VFD-EL [23] 0.75кВт 3-ф/380 (VFD007EL43A), 11кВт 3-ф/380 (VFD110EL43A), призначений для управління швидкістю обертання 3-х фазних асинхронних двигунів з коротко замкнутим ротором і живленням від трифазної мережі живлення напругою 380 В. Даний перетворювач частоти розроблений на основі новітніх технологій.



Рисунок 24 – Перетворювач частоти VFD007EL43A

Перетворювач частоти має наступні характеристики:

- Число фаз / напруга на вході: 3-ф/380 (трифазний 380В);
- Потужність 0.75 кВт (11кВт);

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

- Момент перевантажувальний в перебігу 1 хвилини 150 %;
- Струм номінальний 2.50 А;
- Максимальна вихідна частота 600 Гц;
- Вага виробу 1.2 кг;
- Ступінь захисту по IP-20;
- Вбудований регулятор ПД;
- Розширена панель програмування VFD- PU;
- Максимальне число фіксованих швидкостей 16;
- Число / тип аналогових входів 0 - 10V або 0 (4) - 20mA;
- Число дискретних входів 6;
- Число релейних виходів 1;
- Інтерфейс RS-485/Modbus;
- Температура робочого середовища від -10 до +40 °С;
- Виробник Delta Electronics;
- Вартість 2372 грн(VFD007EL43A), 6871 грн (VFD110EL43A).

Важливою перевагою даного перетворювача є можливість роботи під керуванням системи TRACE MODE через послідовний інтерфейс RS-485.

б) Перетворювач частоти Hyundai N700E-007HF [24] 0.4кВт 3-ф/380, N700E-110HF 11кВт 3-ф/380 призначений для управління швидкістю обертання 3-х фазних асинхронних двигунів з коротко замкнутим ротором і живленням від трифазної мережі живлення напругою 380 В.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52



Рисунок 25 – Перетворювач частоти N700E-007HF

Перетворювач частоти має наступні характеристики:

- Число фаз / напруга на вході 3-ф/380 (три фази 380В);
- Потужність 0.7 кВт (11кВт);
- Момент перевантажувальний в перебігу 1 хвилини 150 %;
- Струм номінальний 1.80 А;
- Максимальна вихідна частота 400 Гц;
- Ступінь захисту по IP-20;
- Вбудований регулятор ПД;
- Векторний режим управління без енкодера;
- Панель програмування в комплекті з ПЧ;
- Максимальне число фіксованих швидкостей 16;
- Число / тип аналогових входів 2 (1:0 - 10V ; 1:0 (4) - 20mA);
- Число дискретних входів 6;
- Число / тип аналогових виходів 0 - 10V;
- Число релейних виходів 2В;
- Інтерфейс RS-485/Modbus;
- Температура робочого середовища від -10 до +60 °С;
- Виробник Hyundai;
- Вартість 2630 грн (N700E-007HF), 7492грн (N700E-110HF).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ

Лист

53

Порівнюючи технічні характеристики перетворювачів частоти VFD007EL43A та N700E-004HF, а також їхню вартість робимо висновок, що обидва перетворювача частоти мають практично однакові технічні характеристики, але так як перетворювач частоти VFD007EL43A фірми Delta Electronics має меншу вартість і більший діапазон регулювання частоти на виході, то використовувати будемо перетворювачі цієї компанії.

4.3 Вибір контролера

Основним елементом такої системи є програмно-логічний контролер, функціями якого є збір і перетворення у цифрову форму сигналів, що поступають від датчиків, а також формування керуючої дії згідно заданого закону регулювання.

Датчики сприймають необхідну інформацію від об'єкта, перетворюють її на стандартний сигнал, який передається у контролер. Отримана інформація оброблюється контролером за заданим алгоритмом і формуються сигнали керування, які подаються на виконавчі механізми. Ті, в свою чергу, змінюють положення регулюючих органів, змінюють ступені відкриття відповідних клапанів, а також частоту напруги живлення насосів.

Інформація з контролера перетворюється у цифрову форму та передається на пристрої, з якими безпосередньо працюватиме обслуговуючий персонал виробничої системи.

На підставі таблиці 3 і аналізі процесу нітрації целюлози висунемо вимоги до портів контролера. Вимоги до портів контролера винесені в таблицю 4:

Таблиця 4 –Вимоги до портів контролера

Види входів-виходів контролера	Кількість
Аналоговий вхід (AI)	18
Дискретний вхід (DI)	18
Аналоговий вихід (AO)	21
Дискретний вихід (DO)	8

Розглянемо в якості керуючого пристрою декілька наступних програмованих логічних контролерів:

а) ПЛК Овен 150-220А [3].

Логічний контролер ПЛК150-220А призначений для створення систем управління малими та середніми об'єктами та побудови систем диспетчеризації.

Побудова системи управління та диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК150-220А можливе як за допомогою дротових засобів - вбудовані інтерфейси Ethernet, RS-232 , RS-485, так і за допомогою бездротових засобів - використовуючи радіо -модем, GSM - модем або ADSL модеми.

Створення програм для контролеру ОВЕН ПЛК150-220, і конфігурування здійснюється професійною системою програмування CoDeSys v.2.3.6.1 і старше. Система програмування CoDeSys для покупців контролерів ОВЕН абсолютно безкоштовна, і поставляється в комплекті з ПЛК.

Схема підключення та зовнішній вигляд контролера ПЛК 150 наведені на рисунку 24.

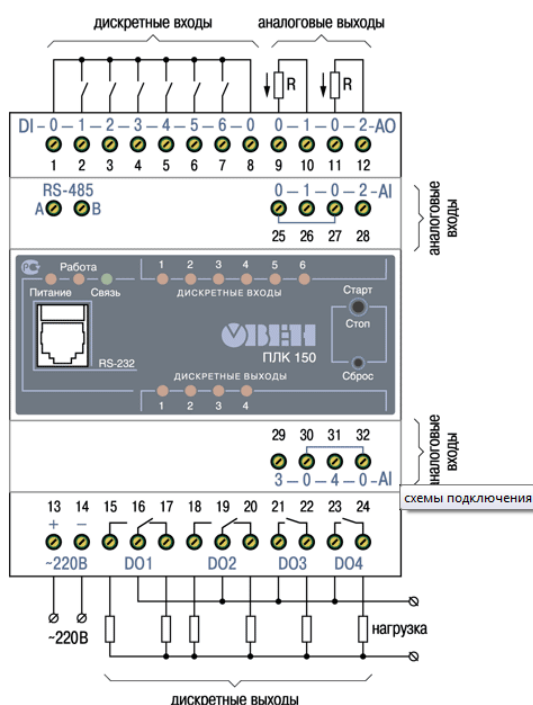


Рисунок 26 – Схема підключення та зовнішній вигляд контролера ПЛК 150

Основні технічні характеристики вибраного ПЛК:

- Конструктивне виконання Уніфікований корпус для кріплення на DIN-рейку (ширина 35 мм), довжина 105 мм (6U), крок клем 7,5 мм
- Ступінь захисту корпусу IP20
- Напруга живлення: ПЛК150-220 90 ... 264 В змінного струму (номінальна напруга 220 В) частотою 47 ... 63 Гц
- Споживана потужність 6 Вт

Основні ресурси.

- Центральний процесор 32-х розрядний RISC-процесор 200 МГц на базі ядра ARM9
- Об'єм оперативної пам'яті 8 МВ
- Обсяг енергонезалежної пам'яті зберігання ядра CoDeSys, програм і архівів 4 МВ
- Час виконання циклу ПЛК Мінімальна 250 мкс
- Наявність ОС: Ні

Дискретні входи/виходи.

- Кількість дискретних входів: 6
- Гальванічна ізоляція дискретних входів: групова
- Електрична міцність ізоляції дискретних входів: 1,5 кВ
- Максимальна частота сигналу, що подається на дискретний вхід 1 кГц при програмній обробці
- Кількість дискретних виходів: 4 е/м реле
- Характеристики дискретних виходів: струм комутації до 2 А при напрузі не більше 220 В 50 Гц

Гальванічна ізоляція дискретних виходів: індивідуальна
Аналогові входи/виходи.

- Кількість аналогових входів: 4
- Типи підтримуваних уніфікованих вхідних сигналів: Напруга 0 ... 1 В, 0 ... 10 В, -50 ... +50 мВ Струм 0 ... 5 мА, 0 (4) ... 20 мА Опір 0 ... 5

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

- Розрядність вбудованого АЦП: 16 біт
- Внутрішній опір аналогового входу: 50 Ом
- Час опитування одного аналогового входу: 0,5 с
- Межа основної зведеної похибки вимірювання аналоговими входами: 0,5 %

- Кількість аналогових виходів: 2
- Розрядність ЦАП: 10 біт
- Тип вихідного сигналу ПЛК 150: струм 4 ... 20 мА; напруга 0 ... 10 В

- Гальванічна ізоляція аналогових виходів: групова
- Електрична міцність ізоляції аналогових виходів: 1,5 кВ

Інтерфейси зв'язку.

- Інтерфейси: Ethernet 100 Base-T; RS-232; RS-485
- Швидкість обміну по інтерфейсах: RS від 4800 до 115200 bps
- Протоколи: OVEN ModBus-RTU, ModBus-ASCII DCON ModBus-TCP GateWay (протокол CoDeSys).
- Вартість: 2757 грн.

б) ПЛК DELTA DVP-ES [25].

Програмовані логічні контролери серії DVP є ідеальним засобом для побудови високоефективних систем автоматичного управління при мінімальних витратах на придбання обладнання та розробку системи. Контролери здатні працювати в реальному масштабі часу і можуть бути використані як для побудови вузлів локальної автоматики, так і систем розподіленого вводу-виводу з організацією обміну даними по RS-485 інтерфейсу.

Для зручності відладки і написання програм розробники передбачили пакет програмування, який не вимагає істотних ресурсів комп'ютера і є простим

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ					

інструментом для всіх категорій фахівців. Використовуються три мови програмування: LAD (релейно-контактна логіка), IL (список інструкцій), SFC (послідовні функціональні схеми). Широкий спектр модулів вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів.

Монтаж може виконуватися на стандартну 35 мм профільну шину або на плоску поверхню. З'єднання між модулями виконуються плоскими кабелями або вбудованими роз'ємами. Контролери серії DVP відповідають вимогам міжнародних стандартів UL, CE. Виробництво DVP сертифіковане за міжнародним стандартом ISO 9001.



Рисунок 27 – Зовнішній вигляд ПЛК DELTA DVP-ES

Основні технічні характеристики вибраного ПЛК DELTA DVP-ES:

- 32 базові команди (включаючи STL / RET) і 79 прикладних команд
- Програмна пам'ять (EEPROM) : 4К слів (3792 інструкцій).
- Можливість розширення кількості входів / виходів до 128.
- Кількість аналогових/дискретних входів 4/2
- Об'єм оперативної пам'яті 8 МВ
- Час виконання циклу ПЛК 100 мкс на одну команду
- Наявність ОС: Ні
- Напруга живлення AC 220В ± 5%
- Внутрішні допоміжні реле. 16 - bit таймери (T0 ~ T127) і лічильники (C0 ~ C127)
- Регістри даних D0 ~ D599 і D1000 ~ D1143 включаючи 192 енергонезалежних.

- 4 входи зовнішніх переривань (I001 - I301)
- 13 позицій 32 - bit швидких лічильників (C235 ~ C254). 5 кГц - однофазний і 2кГц - двофазний лічильник.
- Один вихід ШІМ- модулятора Y1 .
- Імпульсні виходи Y0, Y1 (PLSY) : 1 x 10 кГц або 2 x 5 кГц.
- Модель EX має вбудовані 4 аналогових входи і 2 аналогових виходи.
- Вбудований інтерфейс RS- 232
- Безпосередній зв'язок з програматором (HPP). (Кабель DVPACAB115)
- Безпосередній зв'язок з ПК. (Кабель DVPACAB215)
- Безпосередній зв'язок з операторською панеллю (HMI). (Кабель DVPACAB315)
- Вбудований інтерфейс RS- 485
- Зв'язок з ПК через конвертер RS-485/RS-232 .
- Зв'язок з операторськими панелями та іншими пристроями, що підтримують комунікаційний режим ASCII.
- Зв'язок з іншими ПЛК по протоколу MODBUS і з перетворювачами частоти Delta серій VFD-B/M/S/L/F/A/V
- ПЛК буде автоматично виявляти всі помилки комунікації та реєструвати їх в HEX - коді
- Контроль перевищення часу виконання інструкцій, помилок використовуваних команд, даних і граматики програми.
- Діагностика роботи апаратних засобів : ЦПУ / ПЗУ / ОЗУ і периферії.
- Можливість захисту програми, призначених для користувача і системних даних паролем.
- Пакет програмування під ОС Windows : WPLSoft

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

- Виробник DELFA ELECTRONICS
- Вартість 3000 грн.

Таким чином можна зробити висновок, що контролер ОВЕН ПЛК 150-220А влаштовує нас за більшістю критеріїв: найбільш прийнятне співвідношення ціна/функціональність для даного об'єкту, наявність всіх необхідних функцій, контролер задовольняє всім поставленим вимогам, простота у використанні, зручне програмне забезпечення, наявність технічної підтримки в нашому регіоні. Локальну систему управління будемо реалізувати на базі контролера ОВЕН ПЛК 150-220А.

Для збільшення кількості входів та виходів базової моделі Овен ПЛК 150-220А виберемо модулі розширення [3].

Для опитування датчиків (тиску, витрат, температури та рівня) із стандартним вихідним сигналом у вигляді постійного струму будемо використовувати модуль введення MB110-8АС.

Прилад MB110-8АС призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів в цифровий код і передачі результатів вимірювання в мережу RS-485. Призначається для побудови автоматизованих систем збору даних у різних областях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті. Зовнішній вигляд модуля MB110-8АС приведений на рисунку 26.



Рисунок 28 – Зовнішній вигляд модуля MB110-8АС

Основні технічні характеристики модуля MB110-8АС:

- Напруга живлення від 90 до 264 В змінного струму (номінальна напруга 220 В) частотою від 47 до 63 Гц

						Лист
					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Споживана потужність не більше 8 Вт
- Межа основної зведеної похибки 0,25%
- Роздільна здатність : Для діапазонів струмів від 4 до 20 мА і від 0 до 20 мА , не більше 4мкА
- Кількість аналогових каналів вимірювання 8
- Вхідний опір в режимі вимірювання струму від 0 до 20 мА та від 4 до 20 мА, від 130 до 250 Ом
- Вихідна напруга вбудованого джерела живлення 24В±3
- Інтерфейс зв'язку з майстром мережі RS-485
- Максимальна швидкість обміну по інтерфейсу RS-485, 115200 біт/с
- Протоколи зв'язку, що використовуються для передачі інформації ОВЕН; ModBus - RTU; ModBus - ASCII; DCON
- Ступінь захисту корпусу IP20 з боку передньої панелі, IP00 з боку клемної колодки
- Маса приладу, кг, не більше 0,5
- Вартість 1168 грн.

Для видачі керуючих дій на застосовувані виконавчі механізми від ПЛК будемо застосовувати модулі виводу ОВЕН МУ110-6У.

Прилад призначений для перетворення цифрових сигналів, переданих по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 0 до 10 В для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації та самописцям. МУ110 працює в мережі RS-485 по протоколах ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Схема підключення модуля аналогового виходу зображена на рисунку 29.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

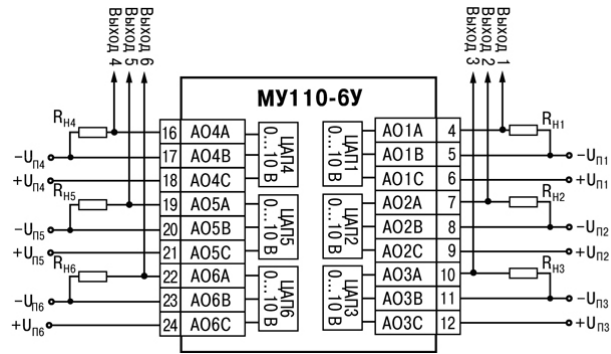


Рисунок 29 – Схема підключення модуля аналогового виходу

Основні технічні характеристики модуля МУ110-6У:

- Напруга живлення: 90 ... 264 В змінного струму (номінальна напруга 220 В) частотою 47 ... 63Гц
- Споживана потужність, ВА, не більше 6
- Кількість аналогових вихідних елементів 6
- Тип аналогових вихідних елементів ЦАП «параметр - напруга 0 ... +10 В»
- Основна приведена похибка ЦАП, %, не більше $\pm 0,5$
- Діапазон напруг живлення виходу, 12 ... 36В
- Інтерфейс зв'язку з комп'ютером RS- 485
- Максимальна швидкість обміну по інтерфейсу RS-485, 115200 біт/сек
- Ступінь захисту корпусу IP20
- Температура навколишнього повітря Від -10 до +55°C;
- Вартість 1241грн.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ

Лист

62

5 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ

Простий та зрозумілий алгоритм роботи АСУ процесу нітрації целюлози обов'язково допоможе фахівцям технологам та фахівцям з обслуговування.

5.1 Опис алгоритму роботи системи

Загальний алгоритм роботи системи показаний на рисунку 30. Ця система призначена для того, щоб після включення живлення, вона перевірила дієздатність всіх приладів, і якщо будуть якісь неполадки або помилки, то система відразу видасть повідомлення про це, далі вона буде чекати наступних рішень оператора.

Якщо ця перевірка на дієздатність пройшла успішно, то система проходить ініціалізацію усіх приладів та очікуватиме команди на початок роботи. У разі поступання команди на початок роботи, включається програма на запуск системи.

Програма для запуску системи потрібна для того, щоб передчасно уникнути аварійні ситуації, коли відбувається пуск, і ще уникнути пожежно- та вибухо небезпечних наслідків. Після повного запуску системи по програмі, відбувається переключення системи на основну програму. За цією програмою система і продовжить далі відпрацьовувати.

5.2 Підпрограма перевірки працездатності

Порядок дій, з яких складається алгоритм перевірки працездатності описується наступним чином:

Спершу системою проводиться подача запиту про готовність контролера, потім вона буде чекати відповідь деякий час, до того як спрацює сторожовий таймер.

Якщо в цей час контролер зовсім не відповідає, то виявляється несправність системи, коли ж все таки контролер відгукається на поданий запит, то тоді система надходить до перевірки модулів виводу, вона послідовно відправляє запити кожному модулю та чекає від них відповіді.

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

У випадку якщо якийсь один або декілька пристроїв не відповідають, то це свідчить системі про несправність. Якщо всі модулі вводу або виводу працюють, то далі система перевіряє справність датчиків, робить посилання запитів до цих датчиків та чекає від них відповідь. Якщо справність всіх пристроїв та датчиків підтвердилась, то відбувається вихід системи з програми.

Алгоритм програми перевірки на працездатність представлений на рисунку 29.

5.3 Підпрограма запуску системи

Призначення алгоритму запуску системи полягає в тому, щоб уникати аварійні ситуації, забракування продукції яка виготовляється, та щоб зекономити енергію. Спочатку система робить перевірку загрузки целюлози в бункер, та тоді після цього включається двигун мішалки бункера. Це робиться для економії електроенергії, та щоб не було холостої роботи двигуна.

Коли здійсниться часткова загрузка бункера, то тоді почнеться зливання кислоти до нітродозеру. Після того, як бак заповниться до рівня 1/3 від всієї ємності – відбудеться загрузка целюлози шнеками та включиться мішалка. Далі система переходить до робочого режиму.

Алгоритм запуску системи представлений на рисунку 30.

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

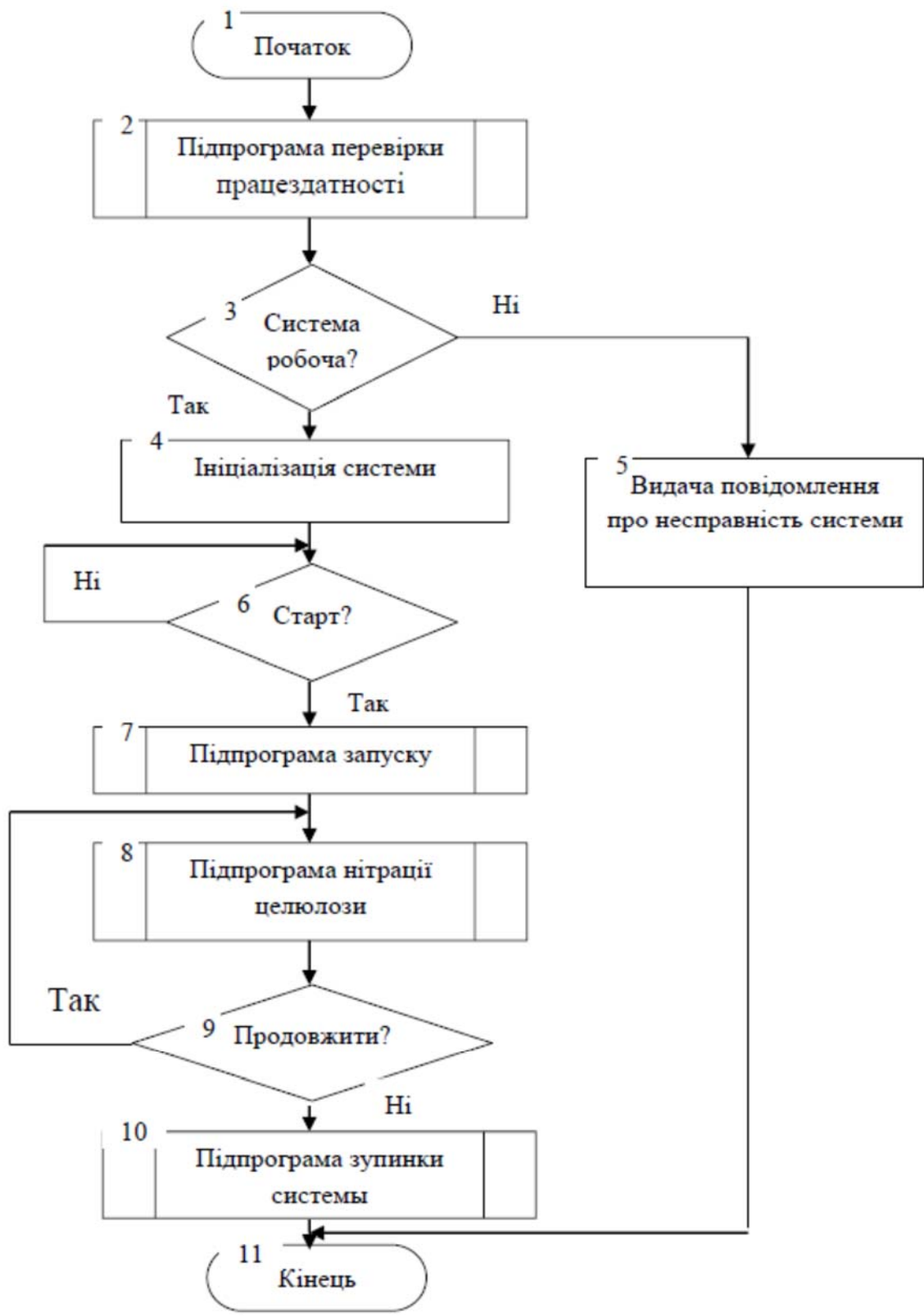
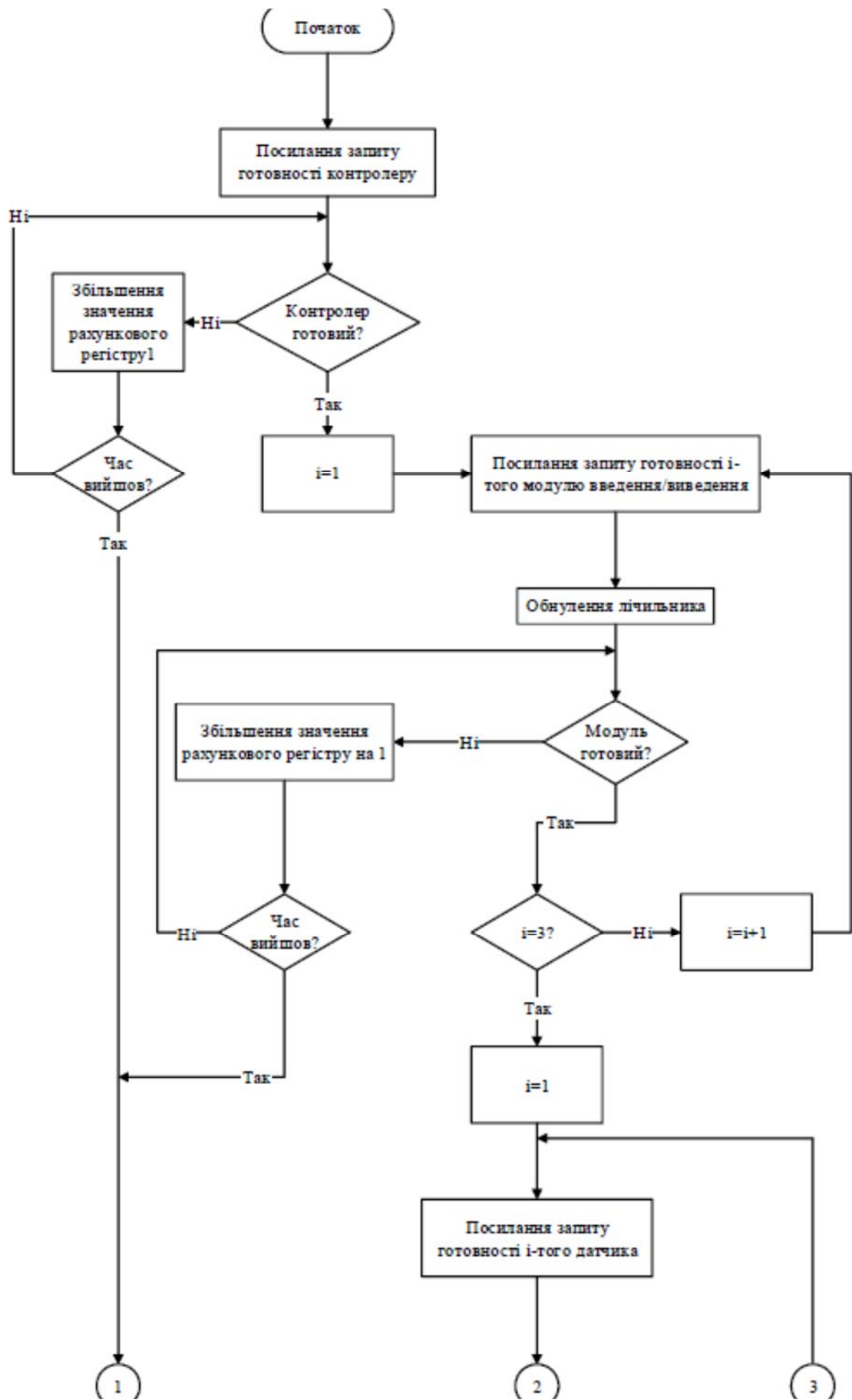


Рисунок 30 - Загальний алгоритм роботи системи



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

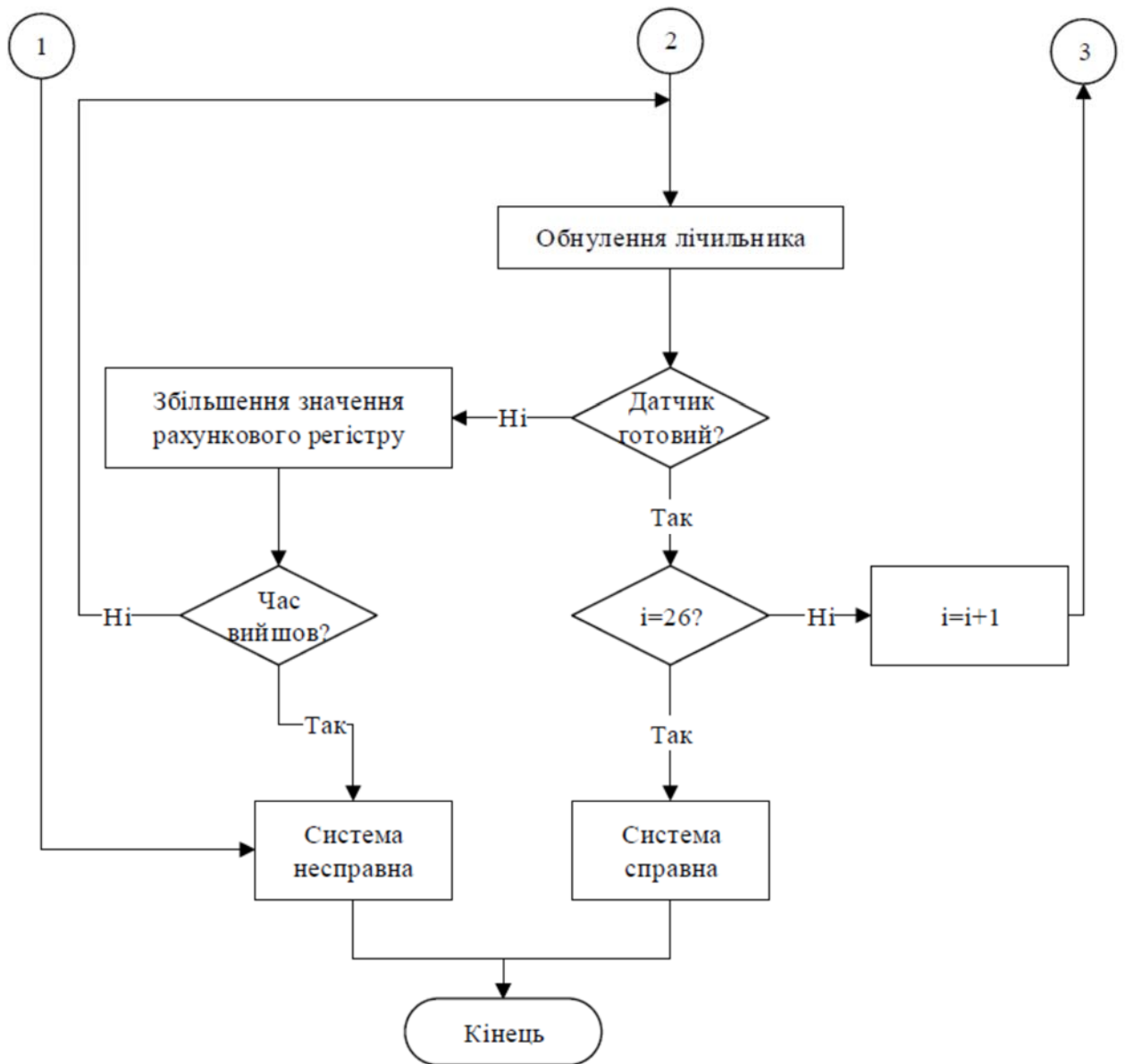


Рисунок 31 - Алгоритм перевірки працездатності системи

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

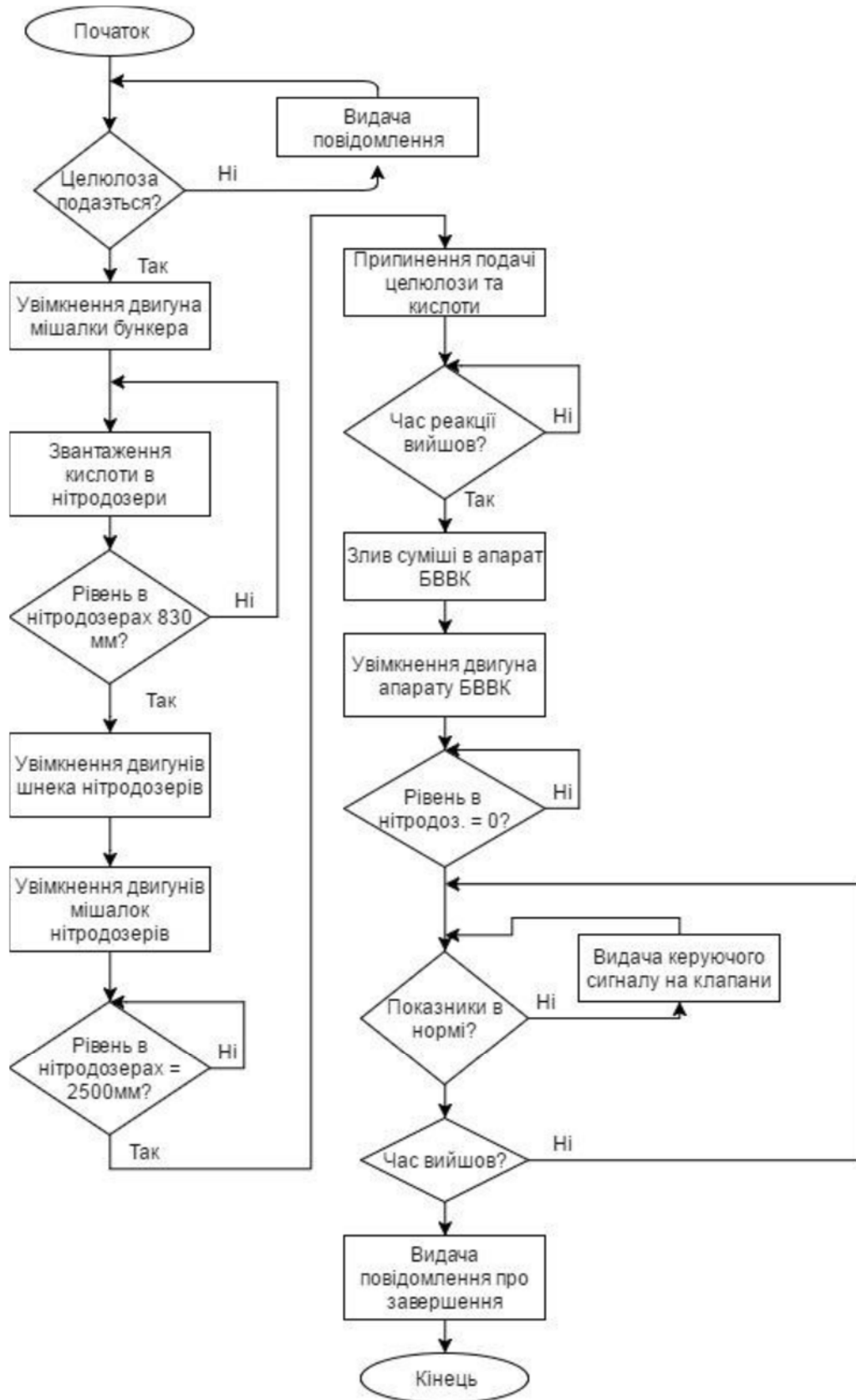


Рисунок 32 - Алгоритм запуску системи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

За регульований технологічний параметру виберемо концентрацію кислоти на виході з апарату БВВК після зони 4. БВВК представляє собою круговий апарат, в якому проводиться другий ступінь нітрації - донітрування целюлози шляхом зрошення її відпрацьованої кислотної сумішшю і витіснення сорбованих целюлозою кислот.

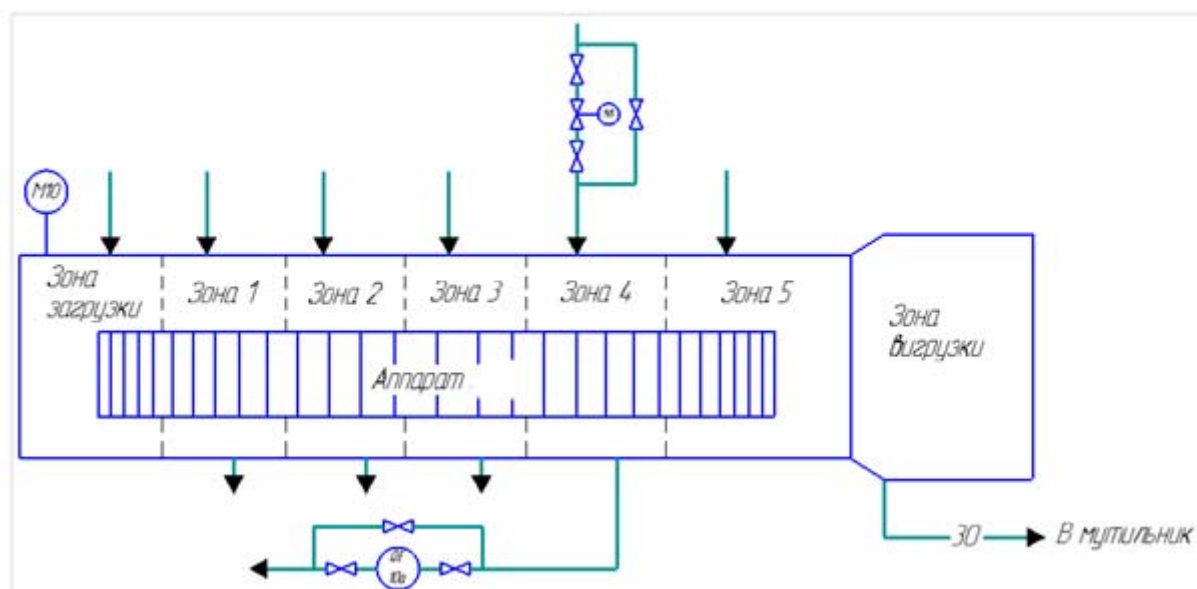


Рисунок 33 – Контур керування концентрацією кислоти після апарату БВВК зони 4
Регулювання рівня концентрації кислоти відбувається за допомогою подачі кислотної суміші у сам апарат БВВК у відповідну зону. Концентрація кислоти на виході із 4-ї зони має бути на рівні 4.9 рН.

В результаті синтезу ми повинні отримати перехідний процес з такими показниками

якості:

- Час перехідного процесу – $t_p \leq 25$ с
- Перерегулювання – $\sigma \leq 25\%$
- Статична точність $S_0 \leq 2\%$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6.1 Отримання математичного опису об'єкта керування

Математична модель об'єкта управління у вигляді кривої розгону представлена на рисунку 34, яку ми отримали в результаті експерименту при подачі ступінчатого сигналу на вхід об'єкта керування.

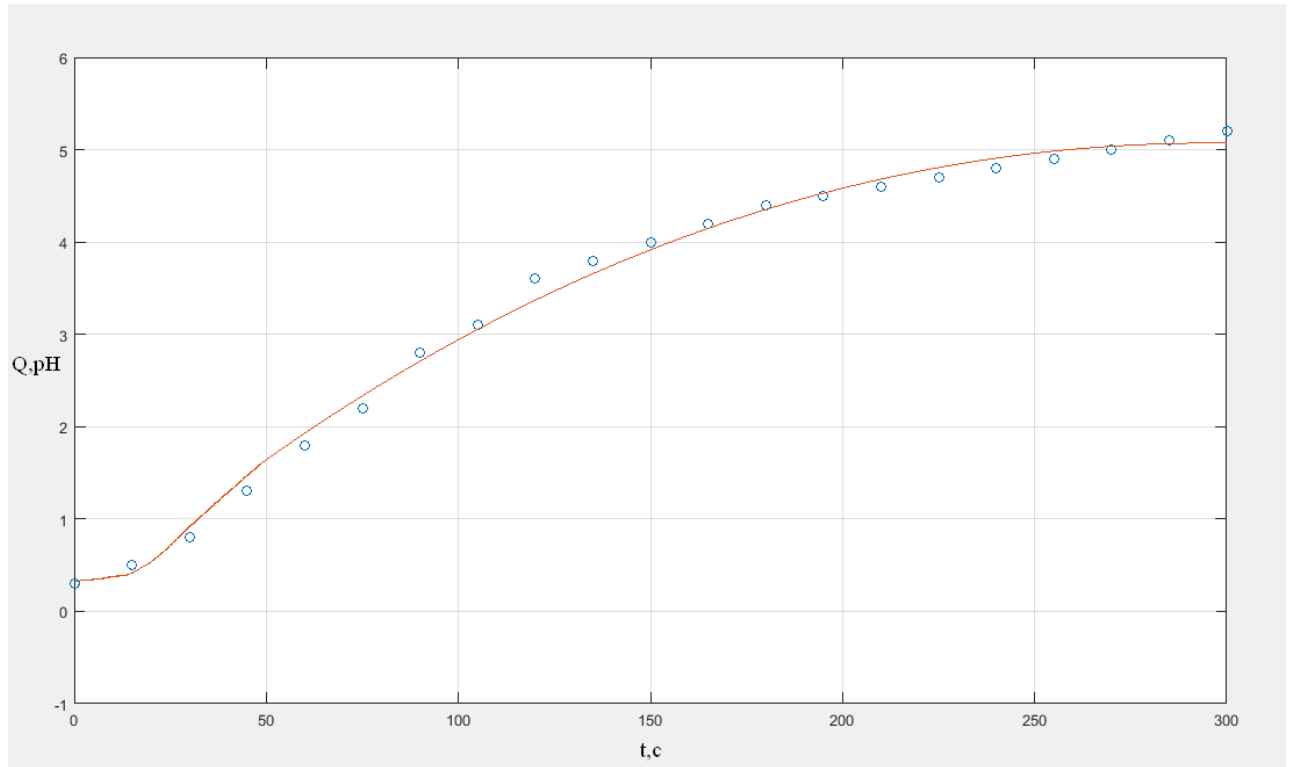


Рисунок 34 –Крива розгону об'єкту управління

Отримаємо передаточну функцію об'єкту управління на основі апроксимації “кривої розгону” з використанням методу Сімою.

6.1.1 Нормування кривої розгону

Із ординат кривої розгону формуємо вектор-строку даних:

$Y_1(t) = (0.3 \ 0.5 \ 0.8 \ 1.3 \ 1.8 \ 2.2 \ 2.8 \ 3.1 \ 3.6 \ 3.8 \ 4 \ 4.2 \ 4.4 \ 4.5 \ 4.6 \ 4.7 \ 4.8 \ 4.9 \ 5 \ 5.1 \ 5.2)$.

Пронормуємо вектор-рядок $Y(t)$. Для цього від отриманих значень віднімемо 0.3.

$Y(t) = (0 \ 0.2 \ 0.5 \ 1 \ 1.5 \ 1.9 \ 2.5 \ 2.8 \ 3.3 \ 3.5 \ 3.7 \ 3.9 \ 4.1 \ 4.2 \ 4.3 \ 4.4 \ 4.5 \ 4.6 \ 4.7 \ 4.8 \ 4.9)$.

Транспонуємо вектор-строку в вектор-стовпець, нормуємо криву розгону (ділимо все значення на $u_{уст} = 4.9$) і визначаємо розмірність вектора N , результати заносимо до таблиці 5.

$$h = \left(\frac{y}{4.9}\right)^T \quad N = \text{length}(h) - 1;$$

$$N = 20.$$

Таблиця 5 – Нормовані значення кривої розгону

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.041	0.102	0.204	0.306	0.388	0.51	0.571	0.673	0.714	0.755	0.796	0.837	0.857	0.878	0.898	0.918	0.939	0.959	0.98	1

6.1.2 Задаємось виглядом передаточної функції

При $t = 0$ $y = 0$ і $dy/dt = 0$, а отже, $n - m = 2$.

Крок розрахунку по часу $\Delta t = 30\text{с}$. Встановлюємо значення коефіцієнту $S_0 = 0$ для забезпечення можливості автоматизації розрахунків. Записуємо функцію в MathCad, яка описує підінтегральний вираз рівняння для знаходження коефіцієнтів S_k в загальному вигляді в дискретній формі.

$$u(S, i, k) = \left[(1 - h_i) \left[\sum_{j=0}^{k-1} S_{k-1-j} \cdot \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^j}{j!} + \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^{k-1}}{(k-1)!} \right] \right]$$

де k – номер обчислюваного коефіцієнта S_k ;

i – номер кроку розрахунку за часом.

6.1.3 Розраховуємо перші 5 коефіцієнтів S

За допомогою пакета MathCad проводимо розрахунок перших 5-ти коефіцієнтів S :

$$U(S,i,k) := (1 - h_i) \cdot \left[\sum_{j=0}^{k-1} S_{k-1-j} \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^j}{j!} + \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^{k-1}}{(k-1)!} \right] ;$$

$$S_k := \Delta t \cdot \left(\sum_{i=1}^{N-1} U(S,i,k) + \frac{U(S,0,k) + U(S,N,k)}{2} \right) ;$$

$$S = \begin{pmatrix} 0 \\ 215.204 \\ 1.272 \times 10^4 \\ -1.214 \times 10^5 \\ 3.281 \times 10^6 \\ 2.495 \times 10^9 \end{pmatrix}$$

Згідно розрахунків, отримали 5 перших коефіцієнтів.

$$S1 = 215.204;$$

$$S2 = 1.272 \cdot 10^4;$$

$$S3 = -1.214 \cdot 10^5;$$

$$S4 = 3.281 \cdot 10^6;$$

$$S5 = 2.495 \cdot 10^9.$$

Згідно п. 6.1.2 приймаємо, що перехідна функція має другий порядок. А оскільки прийнято, що різниця між степенями знаменника і чисельника дорівнює двом, то, очевидно, що порядок чисельника m в нашому випадку повинен дорівнювати 0 (тобто, в чисельнику константа), а коефіцієнти будуть співвідноситись як:

$$\alpha_1 = S1; \alpha_2 = S2; \alpha_k = S_k .$$

Опираючись на попереднє твердження, робимо висновок, що α_1 , α_2 будуть дорівнювати:

$$\alpha_1 = S1 = 215.204; \alpha_2 = S2 = 1.272 \cdot 10^4.$$

Так як крива розгону - це процес зміни в часі вихідної змінної, викликаний ступінчастим вхідним впливом, то можна вважати встановлене значення як $K = 4,9$.

Таким чином, передаточна функція об'єкта може бути представлена в вигляді:

$$W(s) = \frac{K}{a_2s^2+a_1s+1} = \frac{4.9}{1.272 \cdot 10^4 \cdot s^2 + 215.204 \cdot s + 1}$$

6.2 Розрахунок параметрів настроювання стандартного регулятора

6.2.1 Визначимо параметри типового регулятора за методом незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса)

Структурна схема імітаційної моделі представлена на рисунку 35.

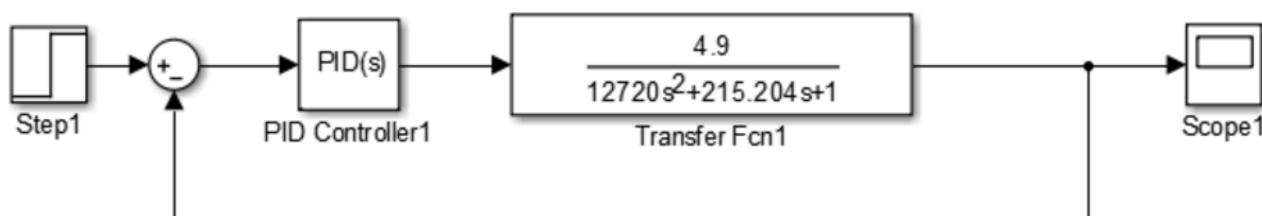


Рисунок 35 - Структурна схема імітаційної моделі

При $k_0 = 17$ отримали незатухаючий перехідний процес, представлений на рисунку

5.4.

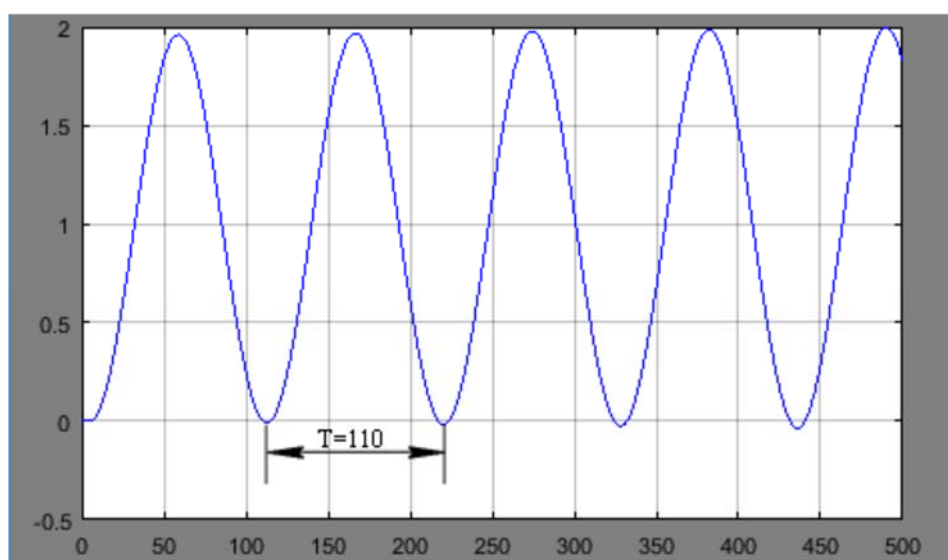


Рисунок 36 – Незатухаючі коливання при $k_0 = 17$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Критичне значення періоду коливань $T = 110$ с.

Для розрахунку ПД-регулятора використаємо формули:

- коефіцієнт при пропорційній складовій $k_0 = 0.6k_0 = 0.6 * 17 = 10,2$;

- коефіцієнт при інтегральній складовій k_1 отримаємо зі співвідношення $k_0/k_1 = T/2$, звідки $k_1 = k_0 * 2 / T = 10,2 * 2 / 110 = 0.185$;

- коефіцієнт при диференціальній складовій k_2 отримаємо зі співвідношення:

$k_2/k_0 = T/8$, звідки $k_2 = k_0 * T / 8 = 10,2 * 110 / 8 = 140,25$;

Перевіримо розрахунок за допомогою імітаційного моделювання.

Структурна схема моделювання в середовищі MatLab (Simulink) системи управління з ПД-регулятором, настроєним методом незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса) представлена на рисунку 37.

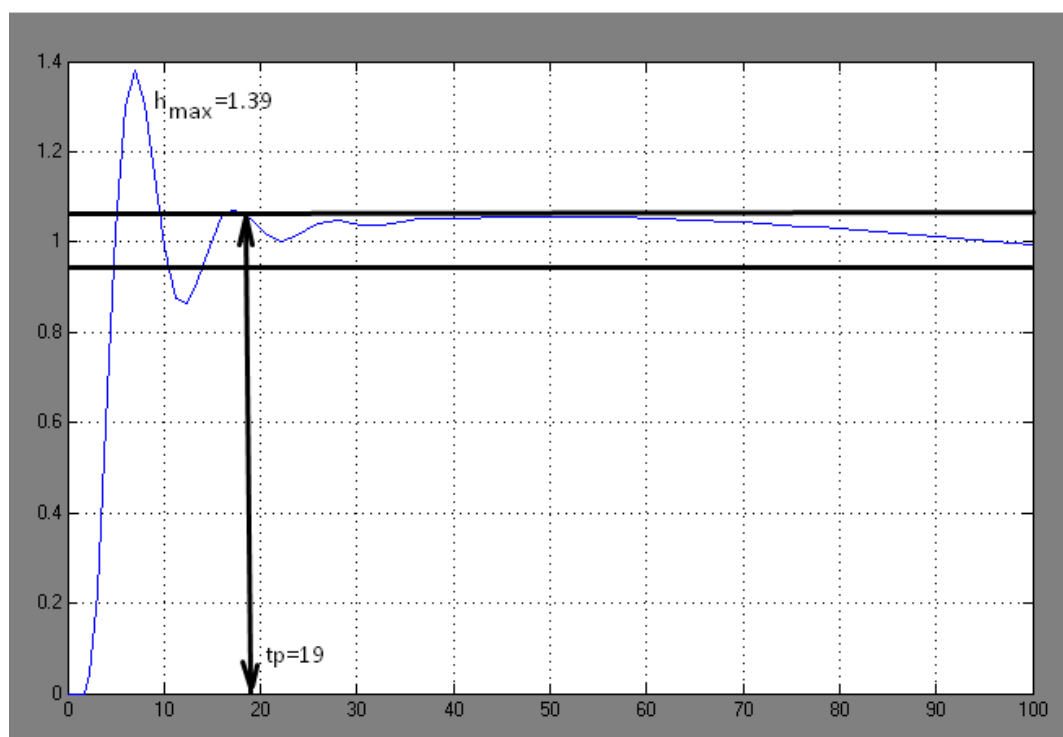


Рисунок 37 – Перехідний процес при розрахункових настройках

Показники якості системи з коефіцієнтами розрахованими за методом незатухаючих коливань представлені в таблиці 6.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблиця 6 – Прямі показники якості замкненої системи

	Показник якості	Одиниця виміру	Чисельне значення
1	Перерегулювання	$\sigma, \%$	39
2	Час перехідного процесу	t_p, c	19
3	Статична точність	$\%$	1

6.3 Синтез аналогової системи управління методом Солодовнікова

Для порівняння з попереднім методом проведемо розрахунок параметрів регулятора, що забезпечують оптимальне, за будь-яким критерієм якості, протікання перехідного процесу в системі.

Побудуємо незмінну асимптотичну ЛАЧХ системи. Для цього по формулі $\omega=1/T$ знайдемо частоти спряження

$1.272 \cdot 10^4 \cdot s^2 + 215.204 \cdot s + 1 = T^2 s^2 + 2\xi T s + 1$ (використання даної формули зумовлене наявністю комплексно спряжених коренів)

$$T = \sqrt{1.272 \cdot 10^4} = 112,88 \text{ сек};$$

$$\omega = 1/112,88 = 0,0088 \text{ c}^{-1}.$$

Знайдемо точку перетину ЛАЧХ з віссю ординат на частоті 1Гц

$$20 \log(k) = 20 \log(4.9) = 13,8 \text{ дБ}.$$

Початковий нахил ЛАЧХ буде 0 дБ/дек, однак в точці $\omega = 0,0088 \text{ c}^{-1}$ нахил збільшиться до 40 дБ/дек. Незмінна ЛАЧХ зображена на рисунку 5.6.

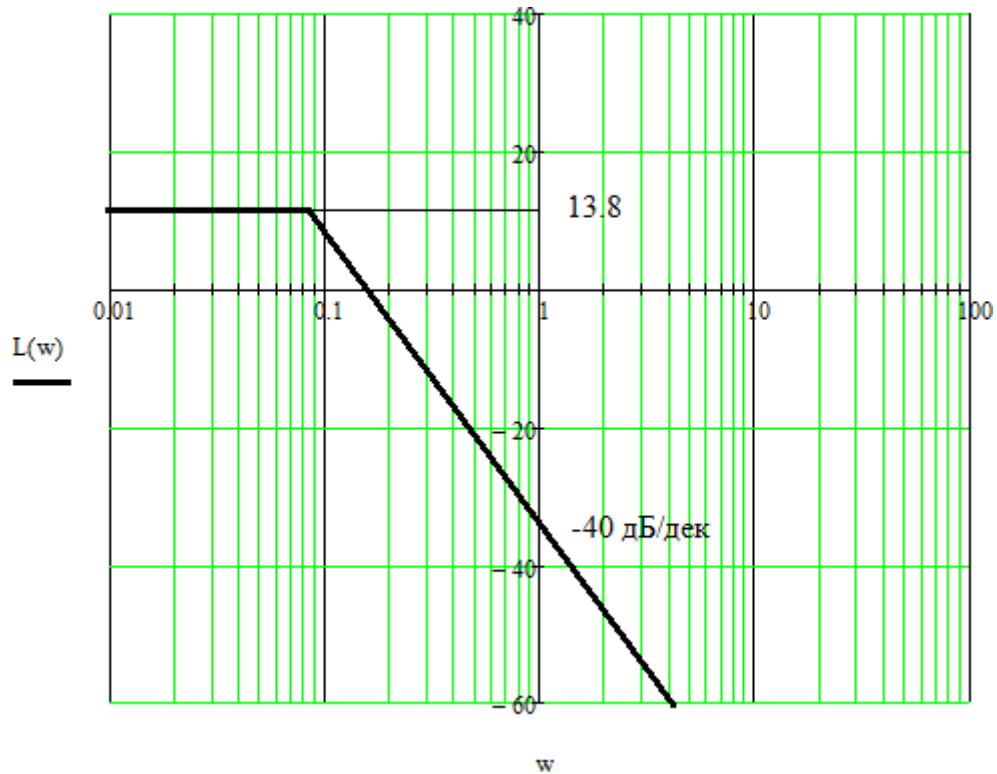


Рисунок 38 – Незмінна ЛАЧХ

Тепер виконаємо побудову бажаної ЛАЧХ. З умови необхідної статичної точності визначимо коефіцієнт посилення

$$k_y = 1 - S_0/S_0 = 1 - 0,02/0,02 = 49.$$

Початковий нахил низькочастотної асимптоти не змінюється, а її нове положення відносно осі абсцис фіксується на рівні

$$20 \log(k_y) = 20 \log(49) = 33,8 \text{ дБ.}$$

За номограмою Солодовнікова визначимо мінімально допустиму частоту зрізу (рис. 39).

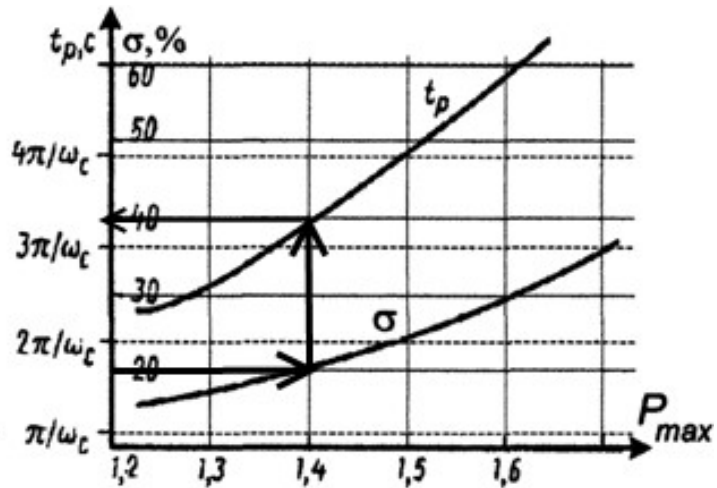


Рисунок 39 – Номограма Солодовнікова

Для перерегулювання у 30% знаходимо $P_{max}=1.4$, також знаходимо час перехідного процесу, виражений через частоту зрізу $t_p = 5 \pi / \omega_{зр}$, звідки

$$\omega_{зр} = 5 \pi / 120 = 0,13 \text{ сек}^{-1}.$$

По номограмі визначимо ординати середньо частотної частини ЛАЧХ

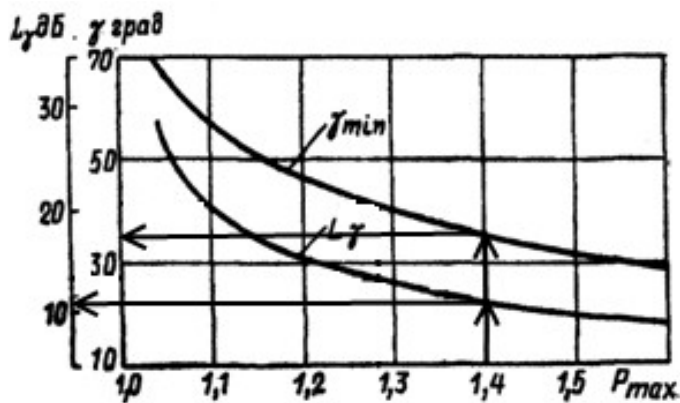


Рисунок 40 – Графік залежностей $L_{\Delta\varphi}(\omega)$ та $\Delta\varphi_{min}(\omega)$

$$L_m = \pm 6 \text{ дБ.}$$

Побудуємо бажану ЛАЧХ системи управління $L_{ж}(\omega)$ представлена на рисунку 41.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

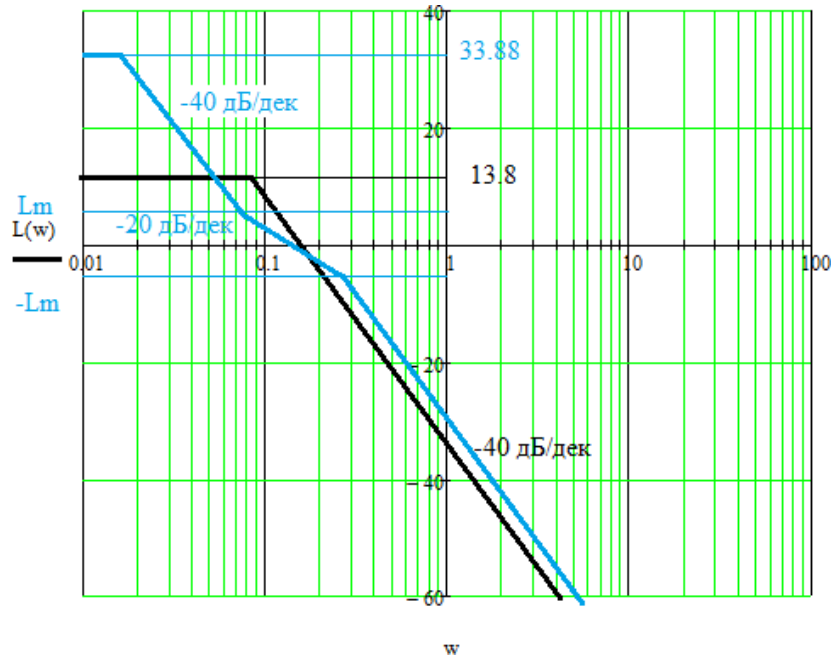


Рисунок 41 – Бажана та незмінна асимптотична ЛАЧХ

Виходячи з виду бажаної асимптотичної ЛАЧХ, запишемо її передатну функцію

$$W_{\text{баж}}(s) = \frac{49 \cdot (12.5s + 1)}{(55s + 1)^2 \cdot (3.33s + 1)}$$

Для визначення основних якісних параметрів системи з регулятором, побудуємо її перехідну характеристику (рис. 42).

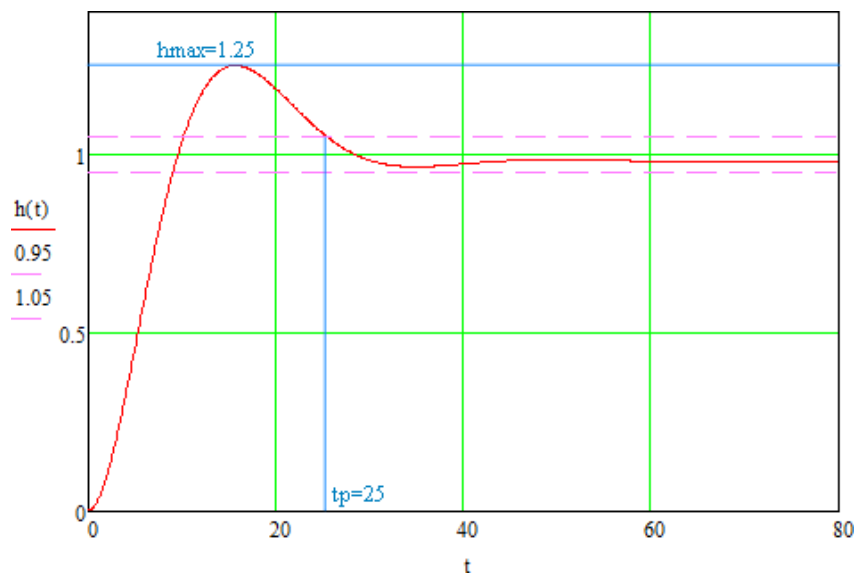


Рисунок 42 – Перехідна характеристика замкненої регульованої системи управління

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Визначаємо основні показники якості для перехідної характеристики та заносимо їх в таблицю 7.

$$\sigma = \frac{h_{max} - h(\infty)}{h(\infty)} \cdot 100\% = \frac{1,25 - 1}{1} = 25\%.$$

$$t_p = 25c.$$

Таблиця 7 – Основні показники якості перехідної характеристики

	Показник якості	Одиниця виміру	Чисельне значення
1	Перерегулювання	$\sigma, \%$	25
2	Час перехідного процесу	t_p, c	25
3	Статична точність	$\%$	2

Висновок: визначені параметри регулятора забезпечують заданим умовам.

6.4 Висновок

Зробимо висновок, дивлячись на таблицю 5.4, при синтезі ПІД-регулятора методом незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса) очевидно, що виконання умов не було досягнуто, перерегулювання вийшло за задану міру.

Тому були проведені розрахунки методом Солодовнікова і були отримані необхідні нам показники якості.

Таблиця 8 – Порівняльні характеристики показників якості системи

Метод синтезу	Показник якості	Одиниця виміру	Чисельне значення
Солодовнікова	Перерегулювання	$\sigma, \%$	25
	Час перехідного процесу	t_p, c	25
	Статична точність	$\%$	2
Незатухаючих коливань	Перерегулювання	$\sigma, \%$	39
	Час перехідного процесу	t_p, c	19
	Статична точність	$\%$	1

ВИСНОВКИ

На основі технічного завдання розроблено інформаційне, технічне забезпечення системи автоматизації.

Система являє собою 3-х рівневу АСУ ТП.

До складу якої входять:

- Датчики, встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні;
- Виконавчі органи, які відпрацьовують отриманий від контролера вплив;
- Контролер, який виконує первинну обробку даних отриманих від датчиків, видає керуючий вплив для регулюючих органів, а так само виступає сполучною ланкою межу об'єктом управління і АРМ;
- Автоматизоване робоче місце (АРМ) до складу якого входить комп'ютер з встановленою операційною системою реального часу.

Використання сучасних методів управління технологічним процесом, а також новітніх технічних засобів автоматизації дало можливість реалізувати якісно нову технологію управління і підвищило ефективність виробництва, що призвело до:

- підвищення якості продукції, що випускається;
- зниженням витрат сировинних і енергетичних ресурсів за деякими статтями витрат на ТП;
- підвищення обсягу продукції, що випускається;
- скорочення простоїв через неполадки;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання;
- використовувати мінімальну кількість працівників, необхідних для підтримки ТП в робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ				

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Технологічний регламент з виробництва нітрату целюлози.
- 2 Каталог продукції фірми «Метран». Уровнемеры Метран, - Россия.: 2011. - 141 с.
- 3 Каталог продукції фірми «ОВЕН». Средства автоматизации, - Россия.: 2013. - 165 с.
- 4 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Ключев Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; под ред. А.С. Ключева -М.: Энергоатомиздат, 1990.-464 с.
- 5 Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. - М., Энергия 1980г.
- 6 Баган Т.Г., Батюк С.Г., Бунь В.П., Изгоров М.Ю., Олійник С.Ю. Методичні рекомендації щодо оформлення курсових та дипломних проектів. – Київ: Політехніка, 2002.- 40с.
- 7 Ротач В. Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. М., "Энергия", 1973.
- 8 Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. Елисеева В.А., Шинянского А.В. - М: Энергоатомиздат, 1983. - 588 с.
- 9 Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 7.091401 "Компьютеризованные системы управления и автоматики", - Сумы.: СумГУ, 2007. - 64 с.
- 10 http://rospribor.pulscen.ru/goods/11459920-termosoprotivleniye_tsmu
- 11 <http://диагностика-измерения.рф/products/id295/>
- 12 http://www.elemer.ru/production/pressure/air_10.php
- 13 http://www.owen.ru/catalog/preobrazovateli_izbitochnogo_davleniya_owen_pd_100_di_div_dv/opisanie
- 14 <http://www.suer.ru/catalog/urovnemeri/6486207/6487284/>
- 15 <http://www.limaco.ru/ru/production/101/164/>

										Лист
										81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ					

16

<http://www.avtomatica.ru/plugins/shop/device.php?mode=device&id=225>

17 <http://www.ooo-pribor.ru/equipment/id17307/>

18 http://www.rospribor.su/shop/group_605/group_608/item_269/

19 <http://avtomatica.org/sapfir-22-dd-2430>

20 <http://www.ktto.com.ua/water/pre/31>

21 http://heating.danfoss.com/xxTypex/549221_MNU17367822.html

22 http://heating.danfoss.com/xxTypex/92665_MNU6256474_SIT54.html

23 <http://www.delta-electronics.info/VFDEL>

24 <http://electromotor.com.ua/katalog-tovarov/stati/1283-frequency-converter-hyundai-n700e>

25 <http://www.delta-electronics.info/DVPES>

					СУЗ-51Ш.6.050201.13.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

