

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Факультет заочної форми навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Худолей Г.М.

«__» _____ 2021р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Система управління технологічним процесом нітрації продукту

Керівник проєкту:
(ст.викладач, к.т.н)

Серяков А.Г.

Дипломник:
студент групи СУз-71ш

Лозовик А.В.

ВСТУП

Отримання нітроцелюлози є результатом процесу нітрації целюлози. Нітроцелюлоза виробляється у багатьох країнах світу і знаходить безліч різних застосувань:

- вибухові речовини;
- бездимний порох;
- раніше використовувалась як основа для фото- та кінофільмів;
- основа нітроцелюлозних лаків, фарб, емалей;
- целулоїд - найперша пластмаса, виготовлення елементів оздоблення побутових виробів, ляльок, гребінців, тощо.

Технологічний процес нітрації целюлози є основною і найважливішою операцією у виробництві колоксиліну, який є сировиною для виготовлення порохів, вибухових речовин, а також деяких лаків та плівок. Без цієї частини технологічного процесу неможливо виробляти готову продукцію. Як і будь-яке інше виробництво, воно важливе для економіки країни з точки зору продажу готової продукції, забезпечення своєї країни деякими боєприпасами та подальшого використання в інших галузях як частини готового продукту.

Наразі виробництво нітроцелюлози в упадку. Присутні локальні системи автоматизації, які вже давно застаріли. Вони не дають бажаного ефекту: якості продукції, надійності.

Завдяки впровадженню та вдосконаленню системи управління ми отримуємо економічне управління технологічним процесом у виробництві нітроцелюлози та знижуємо собівартість продукту в цілому.

Впровадження автоматизації системи управління нітрування целюлози підвищує продуктивність праці за рахунок зменшення впливу людини на технологічний процес, значно полегшує її роботу, покращує якість продукції, покращує економічні показники та значно підвищує безпеку умов праці.

Методи автоматизації, які базуються на локальних (місцевих) засобах автоматизації, можуть лише частково поліпшити деякі економічні показники виробництва. За допомогою комплексної автоматизації, хоча вона набагато дорожча, на основі програмно-апаратних мікропроцесорів можна отримати більш ефективні результати автоматизації.

Метою системи автоматизації технологічного процесу нітрації целюлози є:

- зменшення чисельності робочого персоналу, тобто підвищення продуктивності його праці;
- виведення обслуговуючого персоналу з зон, що загрожують життю;
- збільшення точності підтримки параметрів виробництва;
- збільшення випуску продукції;

- зменшення браку і відходів;

Завданням цього проєкту є вирішення низки питань, пов'язаних з побудовою системи управління, здатної забезпечити потрібний рівень безпеки протікання технологічного процесу нітрації целюлози та створити безпечні умови праці.

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1 Опис технологічного процесу

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.

Технологічний процес виробництва нітроцелюлози починається з підготовки сировини. Підготовку целюлози до етерифікації (заміщення кислотами) проводять на кіпорихлітелях. Розпушена целюлоза у вигляді січки розміром 3 * 3 або 3 * 6 мм з приймального бункера кіпорихлітеля попадає в повітропровід пневмосушилки через конфузорно-діфузорну воронку, де нагнітається нагріте повітря для сушіння. У процесі транспортування до приймального бункеру-дозатора, підхоплена потоком гарячого повітря целюлоза сушиться до вологості не більше 5%. До недавня 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.

Поступаючи в бункер-дозатор розпушена і висушена целюлоза зберігається до приготування кислотної суміші. Щоб целюлоза не злежувалася в бункері-дозаторі, мішалки з постійною швидкістю обертання працюють безперервно і перемішують її, тим самим розпушуючи (рис. 1.1).

Для приготування кислотних сумішей у виробництві нітратів целюлози використовують свіжі концентровані азотну і сірчану кислоти. Приготовлені кислотні суміші заданої концентрації надходять у нітродозер через теплообмінник з напірного бака - кислотна суміш першого ступеня. Через задані інтервали часу шнек-дозатор бункера-дозатора автоматично проводить об'ємне вимірювання в часі і загрузку целюлози в нітродозери №1,2,3,4. Одночасно з об'ємним вимірюванням і завантаженням целюлози кислотна суміш потрапляє в нітродозер, спочатку подається 1/3 обсягу нітродозера, а потім інша частина з включеними мішалками. Заливання нітратно-кислотної суміші здійснюється таким чином, щоб після завантаження целюлози зі стінок нітродозера змити целюлозні волокна, що плавають на поверхні кислот, при цьому способі завантаження целюлоза швидко занурюється в кислоту. Коли досягнуто встановленого рівня, подача кислот припиняється для усунення переливу. Після надходження всіх компонентів у нітродозер проводиться перший ступінь нітрації целюлози.

Процес нітрації целюлози є безперервним, і для виключення простоїв та циклічної роботи необхідно розрахувати часову послідовність стадій: завантаження целюлози, подача кислотної суміші, перебіг реакції і, власне, зливання реакційної суміші з нітродозера, а також завантаження суміші в апарат БВВК, нітрація на чотирьох зонах і вивантаження з останньої зони на чотири нітродозери.

Час нітрації є важливим показником технологічного процесу, який позначається не тільки на продуктивності обладнання, але і на характеристиках одержуваного продукту.

По закінченню часу початкової етерифікації почергово із нітратодозерів після відкриття зливних кранів автоматично проводиться злив реакційної маси до кільцевого жолобу апарата БВВК, де на обертаючому кільцевому конвеєрі рівномірно розподіляється на перфорованому дні апарата – зона розвантаження.

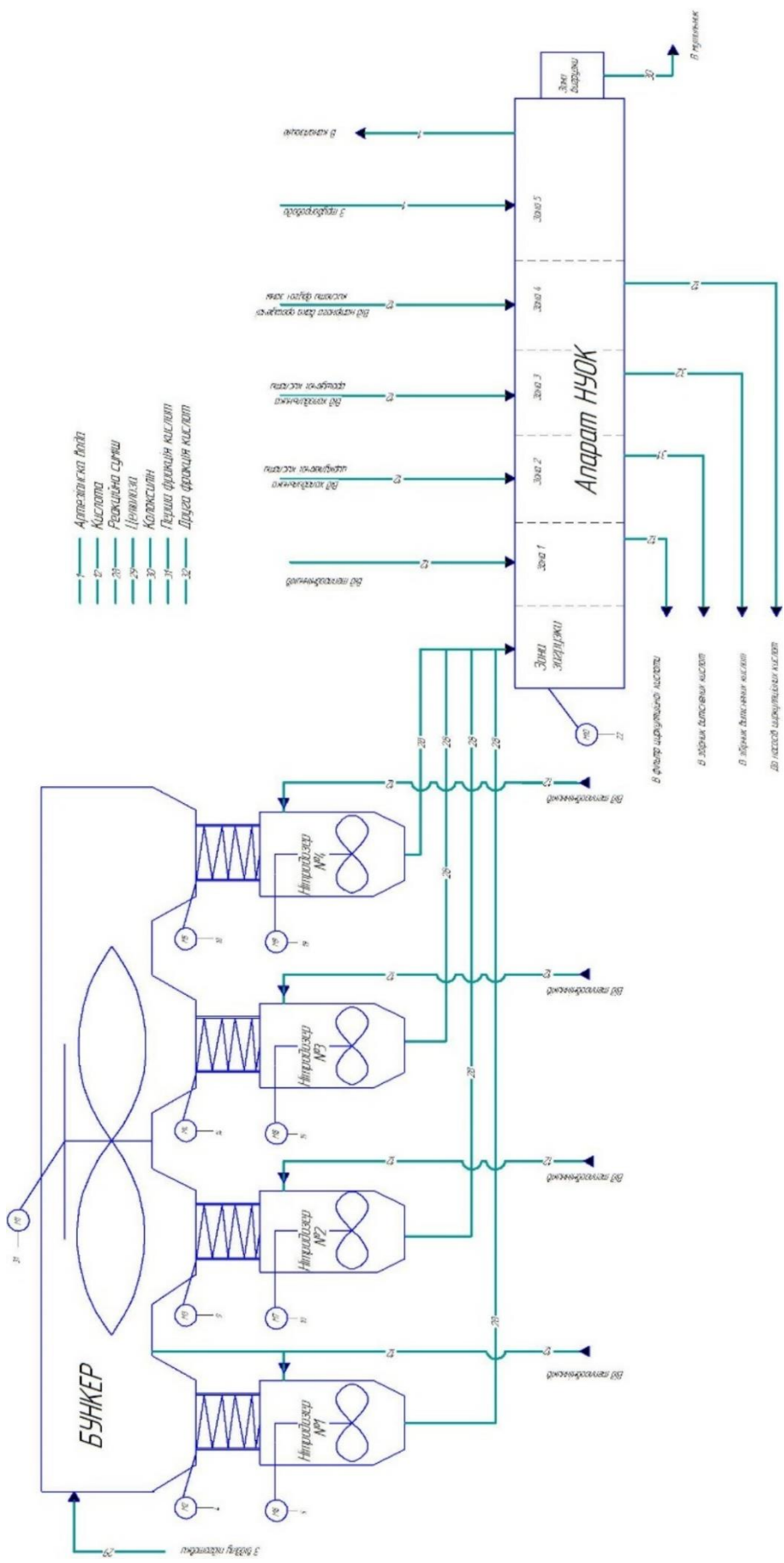


Рисунок 1.1 - Технологічна схема процесу нітрації продукту

У апараті безперервного видалення відпрацьованих кислот (БВВК) здійснюється інший (другий) ступінь нітрації – донітрація целюлози за рахунок зрошення її відпрацьованою кислотною сумішшю і витіснення сорбованих целюлозою кислот. Шляхом зрошення кислотами з спадаючою масовою часткою, а в кінці процесу - водою, яка витісняє з продукту слабку фракцію кислоти і надходить на піддон четвертих зон нітрації. Звідки зрошуюча кислота перекачується в напірний бак, а слабка кислота, проходячи через холодильник, потрапляє на зрошення попередньої, третьої зони нітрації.

У третій зоні зрошуюча кислота витісняє з продукту більш концентровану сорбовану кислоту, яка зміцнюється і надходить на зрошення продукту у другу зону. Кислота, що витісняється у другій зоні, надходить на зрошення першої зони. Таким чином, витіснена кислота кожної наступної зони зрошення служить зрошуючою кислотою попередньої зони. Концентрація реакційної суміші в кожній із зон нітрації: 1 зона - 60%, 2 зона - 45%, 3 зона - 30%, 4 зона - 4 ... 8%.

Відпрацьована кислота надходить у піддон, звідки під дією сили тяжіння (самопливом) надходить у кислотні фільтри, де фільтрується від частинок целюлози. Після проміжної стадії нітрації целюлоза – колоксилін переходить на наступну стадію переробки основного виробництва.

1.2 Основне і допоміжне обладнання

1.2.1 Апарат БВВК.

БВВК і нітродозери є основними апаратами у процесі виробництва нітрації целюлози.

Основним об'єктом управління є апарат БВВК для донітрування целюлози. Схематичне зображення пристрою представлено на рис. 1.2.

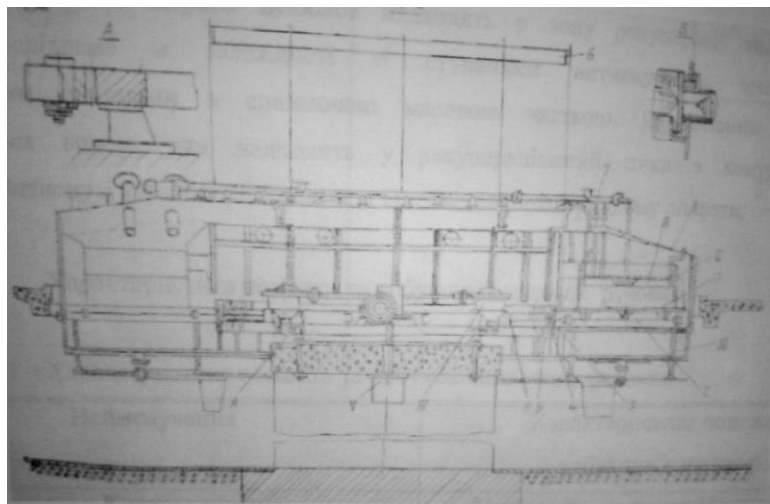


Рисунок 1.2 - Апарат БВВК

У круговому апараті (БВВК) проводиться другий ступінь нітрації - донітрірування целюлози шляхом зрошення її відпрацьованою кислотною сумішшю і витіснення сорбованих целюлозою кислот. Шляхом зрошення кислотами з спадаючою масовою часткою концентрації, а в кінці процесу - водою, яка витісняє з продукту слабку фракцію кислот і стікає в піддон четвертої зони нітрації. Звідки відкачується, в напірний бак зрошуючої кислоти і слабка кислота, пройшовши через холодильник, надходить на зрошення попередньої третьої зони нітрації. У третій зоні зрошуюча кислота витісняє з продукту більш концентровану сорбовану кислоту, яка зміцнюється і надходить на зрошення продукту у другій зоні. Кислота, витіснена у другій зоні, надходить на зрошення першої зони. Таким чином, витіснена кислота кожної наступної стадії є зрошуючою кислотою попереднього ступеня витіснення.

1.2.2 Бункер-дозатор.

Бункер-дозатор – призначений для прийому розпушеної та висушеної целюлози з фази сушіння та безперервної її подачі в нітродозер.

Безперервне рівномірне дозування целюлози в проточний реактор (нітродозер) відбувається за допомогою горизонтально встановленим шнекам.

В бункері-дозаторі безперервно працюють мішалки з постійною швидкістю обертання, саме для того, щоб целюлоза не злежувалася та залишалася розпушеною.

1.2.3 Нітродозер.

Нітродозер – призначений для дозування целюлози та кислотних сумішей згідно з прийнятим модулем і попереднім нітрування целюлози.

Підготовлені кислотні суміші заданої концентрації направляються в нітродозер. Кислоти і целюлоза завантажуються поступово частинами. Заливку нітраційної кислотної суміші проводиться таким чином, щоб після завантаження навішування целюлози зі стінок нітродозера змити волокна целюлози, плаваючі на поверхні кислот. При виконанні такого способу завантаження целюлоза швидко занурюється в кислоту. Коли досягнуто заданий рівень подача кислот припиняється для усунення переливу. Після першого ступеня нітрації суміш поступає в апарат БВВК.

1.2.4 Схема інформаційно-матеріальних потоків.

На основі технологічного процесу нітрації целюлози складемо схему руху матеріальних потоків. Схема руху матеріальних потоків наведена на рис. 1.3.

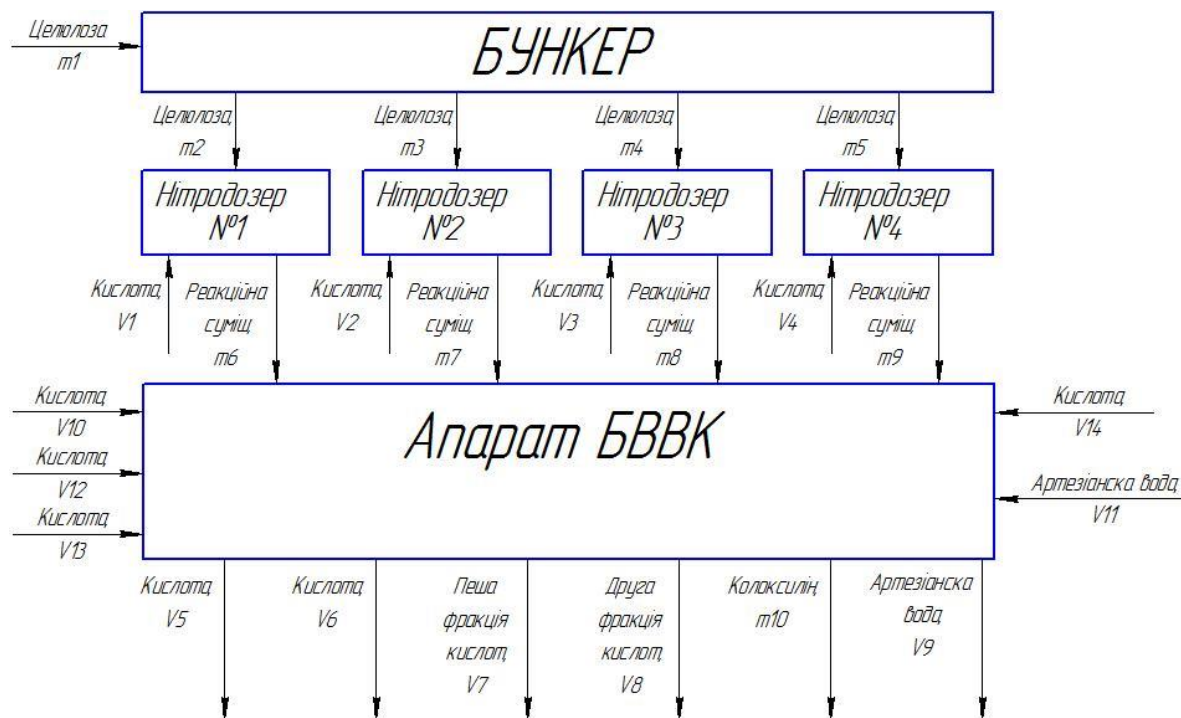


Рисунок 1.3 - Схема матеріальних потоків процесу нітрації целюлози

Целюлоза, маса якої складає m_1 завантажується до бункера. Бункер обладнаний мішалкою, яка приводиться у рух двигуном M_1 та забезпечує безперервне перемішування сировини, що сприяє його незлежуваності. З бункера через задані інтервали часу дозуючі шнеки бункера-дозатора, масою m_2 , m_3 , m_4 та m_5 автоматично проводять об'ємне вимірювання і загрузку розпушеної целюлози до нітродозерів №1,2,3,4 відповідно. Рівень целюлози в нітродозерах повинен бути таким щоб рівень целюлози був трохи більшим за розмір крильчатки мішалки. Для нітрації целюлози відповідно до кожного з нітродозерів подається кислота об'ємом V_1 , V_2 , V_3 та V_4 . Після досягнення $1/3$ від загального об'єму ємності увімкнуться мішалки. Перший етап нітрації целюлози проходить з увімкнутими мішалками.

Після проходження певного проміжку часу реакційна суміш, маса яких складає m_6 , m_7 , m_8 , m_9 з нітродозерів поступає в апарат БВВК для продовження реакції, де подається на обертаючий диск, з різними зонами зрошення. До першої, другої, третьої, четвертої зони подається кислота об'ємом V_{10} , V_{12} , V_{13} , V_{14} відповідно. П'ята зона є останньою, в ній суміш промивається артезіанською водою - V_{11} .

Після промивки суміші кислотою та артезіанською водою відпрацьовані кислоти об'ємом V_5 , V_6 , V_7 та V_8 зливаються, зливається також і вода об'ємом V_9 . По закінченню виробництва

вивантажується готовий продукт, у вигляді нітрованої целюлози (колоксиліна), маса якої складає m10 (рис.1.3).

На основі схеми руху матеріальних потоків та опису технологічного процесу (див. п. 1.1), визначимо параметри для сигналізації, контролю і управління. Параметри зведемо в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Перелік параметрів сигналізації, контролю і управління

| Параметр | Точка технологічного процесу | Процес контролю | Межі вимірюваної величини | Допустима похибка вимірювань |
|-----------|--|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Тиск | Трубопровід подачі целюлози перед бункером | Контроль, сигналізація | н/б 2.5 <u>кгс/см²</u> | 5% |
| Рівень | <u>Нітродозери 1-4</u> | Контроль, сигналізація, управління | 2500мм | 5% |
| <u>pH</u> | Трубопровід після апарату БВВК зони 1 | Контроль, сигналізація, управління | 0.6-0.8 <u>pH</u> | 5% |
| <u>pH</u> | Трубопровід після апарату БВВК зони 2 | Контроль, сигналізація, управління | 0.45-0.6 <u>pH</u> | 5% |
| <u>pH</u> | Трубопровід після апарату БВВК зони 3 | Контроль, сигналізація, управління | 0.3-0.5 <u>pH</u> | 5% |
| <u>pH</u> | Трубопровід після апарату БВВК зони 4 | Контроль, сигналізація, управління | 0.1-0.2 <u>pH</u> | 10% |

2 ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ

2.1 Вибір параметрів технологічного процесу

При виборі регулюючих величин керуються цільовим призначенням процесу, взаємозв'язком між ним та іншими процесами, показником ефективності і значенням, який він повинен підтримувати. Після визначення вищезазначеного аналізується ймовірність надходження впливів, що обурюють в об'єкт управління. Визначаються шляхи усунення впливів, що обурюють, або їх стабілізації.

Впровадження автоматичних засобів контролю і сигналізації дозволяє забезпечити необхідну безпеку технологічного процесу.

Виходячи зі схеми руху матеріальних потоків системи управління процесом нітрації целюлози, визначені наступні точки контролю, управління та сигналізації:

2.1.1 Контур управління рівнем в нітродозерах на першому етапі завантаження

На першому етапі завантаження для управління рівнем в нітродозері використовується контур управління, структурна схема якого зображена на рисунку 2.1.

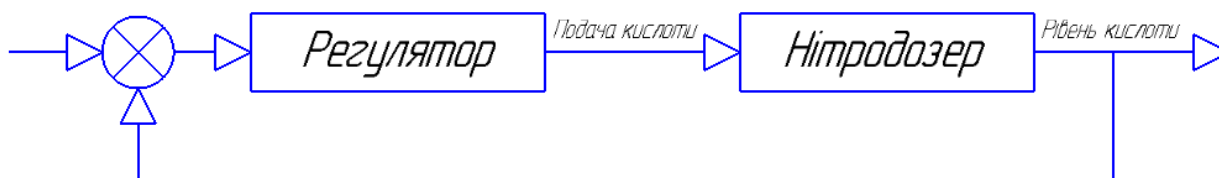


Рисунок 2.1 – Структурна схема управління рівнем в нітродозері на першому етапі завантаження

Так як якість просочення целюлози залежить від значення рівня кислоти в нітродозері, тому воно є важливою технологічною змінною, від досягнення якої, на регламентному рівні, залежить проходження реакції в цілому. На цій стадії найбільш сильне збурення надходить по каналу подачі кислоти в нітродозер. Стабілізацію заданого значення рівня кислоти в нітродозері найбільш ефективно здійснювати за допомогою зміни подачі кислоти.

Для гарантії безпечного проходження цього процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при зміні границі допустимої межі.

2.1.2 Контур управління рівнем в нітродозерах №1, 2, 3, 4 на другому етапі

завантаження

Не менш важливою технологічною змінною є значення рівня кислоти в нітродозері на другому етапі, так як від її досягнення, на регламентному рівні, залежить якість просочення целюлози, швидкість занурення целюлози у кислоту для проходження реакції. Найбільш сильне збурення, надходить по каналу подачі кислоти. Стабілізацію заданого значення рівня кислоти в нітродозері найбільш ефективно здійснювати за допомогою зміни її подачі. Також в нітродозері вмикається мішалка одночасно з подачею целюлози.

Для гарантії безпечного проходження цього процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при зміні границі допустимої межі.

На другому етапі завантаження для управління рівнем в нітродозерах №1, 2, 3, 4 використовується контур управління, структурна схема якого наведена на рисунку 2.2.

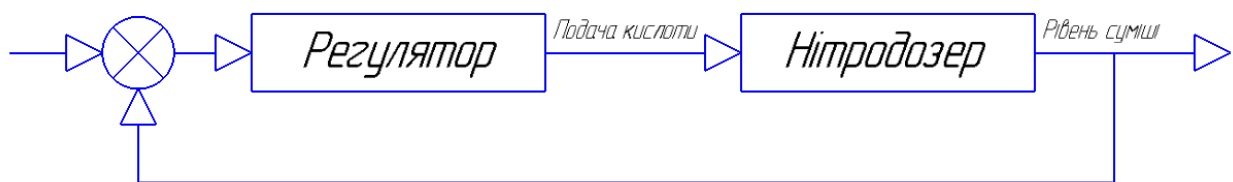


Рисунок 2.2 – Структурна схема управління рівнем в нітродозері на другому етапі завантаження

2.1.3 Контур управління рівнем в нітродозерах №1, 2, 3, 4 на третьому етапі

На третьому етапі відбувається завершення реакції – вивантаження суміші з кислоти та целюлози у апарат БВВК. Найбільш сильне збурення, надходить по каналу зливу суміші. Налаштування стабілізації заданого значення рівня найбільш доцільно виконувати відкриттям чи закриттям клапану.

Для управління клапаном використовується контур управління, структурна схема якого наведена на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Структурна схема управління рівнем в нітродозерах №1, 2, 3, 4 на третьому етапі

2.1.4 Контур управління концентрацією кислоти після апарату БВВК зони 1, 2, 3, 4

Якість протікання процесу залежить від концентрації кислоти після апарату БВВК, яка є важливою технологічною змінною. Її необхідно підтримувати на регламентному рівні (для зони 1 - 0.6-0.8 рН, зони 2 - 0.45-0.6 рН, зони 3 - 0.3-0.5 рН, зони 4 - 0.1-0.2 рН). Найбільш сильне збурення, надходить по каналу подачі кислоти. Стабілізацію заданого значення концентрації кислоти доцільно здійснювати змінюючи кількість подавання кислоти у відповідні зони апарату БВВК.

Для гарантії якісного проходження цього процесу необхідно передбачити сигналізацію даного параметру при зміні границі допустимої межі.

Для управління концентрацією використовується контур управління, структурна схема якого наведена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Структурна схема управління концентрацією кислоти після апарату БВВК зони 1, 2, 3, 4

2.1.5 Контур контролю надходженням целюлози в бункер

Важливою технологічною змінною є контроль целюлози в трубопроводі перед бункером, так як подальші процеси залежать від її знання.

Для контролю наявності целюлози в трубопроводі перед бункером використовується контур контролю, структурна схема якого представлення на рисунку 2.5.

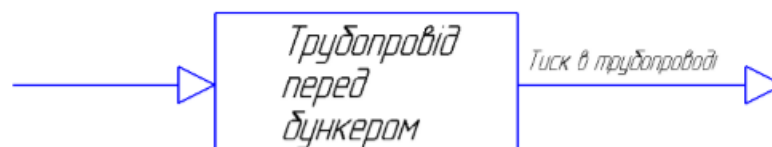


Рисунок 2.5 – Структурна схема контуру контролю надходженням целюлози в бункер

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Побудова надійної системи управління процесу нітрації целюлози вимагає вибору сучасних, надійних та швидкодіючих засобів автоматизації.

Засоби автоматизації, за допомогою яких буде здійснюватися керування технологічним процесом, повинні бути вибрані технічно грамотно й економічно обґрунтовано.

Конкретні пристрої вибирають враховуючи особливості об'єкта управління. 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.

Виробництво нітроцелюлози є частково пожеже-вибухонебезпечним. Небезпечними ділянками є нітродозери та апарат БВВК. Тому, при виборі засобів автоматизації, головним пріоритетом для більшої частини датчиків та виконуючих пристроїв є пожеже- та вибухозахищеність. Також не менш важливим критерієм є точність цих засобів, а також вартість.

3.1 Вибір засобів автоматизації

3.1.1 Датчики тиску.

Для вимірювання тиску в трубопроводі перед апаратом БВВК можливе використання наступних типів датчиків виміру тиску:

а) ОВЕН ПД100-ДИ-2,5-111-1,0, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.1.

Основні характеристики ОВЕН ПД100-ДИ-2,5-111-1,0:

- Вихідний сигнал 4-20 мА;
- Межа вимірювань 2,5 МПа;
- Напруга живлення 12-36 В;
- Похибка 1,0%;
- Вартість 1770 грн.



Рисунок 3.1 – Датчик виміру тиску ОВЕН ПД100-ДИ

б) САПФИР-22-ДИ-2120, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.2.

Основні характеристики САПФИР-22-ДИ-2120:

- Вихідний сигнал 4-20, 0-5, 0 - 20 мА;
- Межа вимірювань 2,5 МПа;
- Напруга живлення 36 В;
- Похибка 0,5%;
- Вартість 2470 грн.



Рисунок 3.2 – Датчик виміру тиску САПФИР-22-ДИ

в) АИР-20 ДА, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.3.

Основні характеристики АИР-20 ДА:

- Вихідний сигнал 4-20, 0-5, 0 – 20 мА;
- Межа вимірювань 6 МПа;
- Напруга живлення 24, 36 В;
- Похибка 0,1%;
- Вартість 2780 грн.



Рисунок 3.3 – Датчик виміру тиску АИР-20 ДА

Виходячи з порівняння технічних характеристик наведених датчиків, можна зробити висновок, що всі датчики ОВЕН ПД100-ДИ, САПФИР-22-ДИ та АИР-20 ДА мають схожі характеристики і однаково можуть підходити. І хоча датчик АИР-20 ДА має більшу точність та межу вимірювання, із представлених датчиків вибираємо ОВЕН ПД100-ДИ, тому що він має достатню точність для даного виміру по регламенту, напруга живлення має більшу варіативність, немає необхідності купляти окремий блок живлення для датчика, так як в цілому вся апаратура живиться напругою 24В або 220В. Поміж усього ПД100-ДИ також має кращу практичність кріплення і значно меншу вартість – тому датчик цієї марки ОВЕН ПД100-ДИ буде використовуватись для вимірювання тиску в трубопроводі перед апаратом БВВК.

3.1.2 Датчики рівня.

Для вимірювання рівня відпрацьованих кислот можливе використання наступних типів датчиків рівня:

а) Ультразвуковий датчик рівня LUC 4, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.4.

LUC4 - компактний ультразвуковий рівнемір для малого діапазону вимірювання, використовується для вимірювання рівня рідин і сипучих речовин у відкритих або закритих ємностях. Рівнемір має функцію придушення перешкод, що дозволяє використовувати його в ємностях з працюючими мішалками і теплообмінниками. Функція компенсації температури дозволяє робити точні вимірювання у всьому діапазоні температур. Результати вимірювання не залежать від хімічних або фізичних властивостей вимірюваного середовища, що дозволяє без проблем вимірювати, також, рівень агресивних, абразивних, в'язких і клейких середовищ.

Основні характеристики ультразвукового датчика рівня LUC 4:

- Точність виміру 0,5 %;
- Межа вимірювань 0,3 ...4 м;
- Вихідний сигнал 4-20 мА або 0-10 В;
- Ступінь захисту IP 65;
- Вартість 16 800 грн.



Рисунок 3.4 – Датчик виміру рівня LUC 4

б) Ультразвукові датчики рівня The Probe, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.5.

Рівнемір The Probe – призначений для невеликих діапазонів вимірювання, може використовуватися для вимірювання рівня рідин і сипучих речовин у відкритих або закритих ємностях. Також прилад може використовуватися для контролю за агресивними рідинами – розчинами кислот і лугів, а також в харчовій промисловості та фармацевтиці, так як покриття корпусу тефлонове. Рівнемір The Probe простий в установці та обслуговуванні, наявна температурна компенсація, а також відрізняється швидким демонтажем для чищення в харчовій і фармацевтичній промисловості. Передбачений дисплей на датчику та можливе налаштування діапазону вимірювання кнопками.

Основні характеристики ультразвукового датчика рівня The Probe:

- Точність виміру 0,25 %;
- Межа вимірювань 0 ...5 м;
- Вихідний сигнал 2-20 мА;
- Ступінь захисту IP 68;
- Вартість 25 900 грн.



Рисунок 3.5 – Датчик виміру рівня The Probe

в) Ультразвуковий датчик US50, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.6.

Ультразвукові датчики US50 використовуються для роботи у тяжких умовах застосування на надвеликих дистанціях (до 8 м). Модифікації з 2 дискретними виходами PNP / NPN або з аналоговим виходом по струму (4-20мА) і напрузі (0-10 В). Датчик має унікальну конструкцію корпусу, якою передбачені різні способи кріплення. Дуже простий в налаштуванні за допомогою двох кнопок і DIP-перемикачів. Робочий діапазон -20 ... + 70 °С.

Основні характеристики ультразвукового датчика рівня US50:

- Точність виміру 0,02 %;
- Межа вимірювань 0 ... 8 м;
- Вихідний сигнал 4-20 мА або 0-10 В;
- Ступінь захисту IP 67;
- Вартість 16 740 грн.



Рисунок 3.6 – Датчик виміру рівня US50

г) Ультразвуковий датчик LU 91/921, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.7.

Ультразвукові датчики LU 91/921 застосовується для вимірювання рівня в резервуарах хімічної і нафтохімічної продукції, чистої води, опадів і стічних вод. Допустима температура роботи -40 ... +70 С, допустима вологість 45 ... 75%. Розрахунок відстаней здійснюється за допомогою мікропроцесора і потужного інтелектуального ПО, шляхом вибору правильного відлуння і виключення помилкових ехосигналів. Вбудований датчик температури сприяє визначенню реальної робочої температури для мікропроцесора, який коригує з урахуванням цього розрахунок відстані. Вимірювання не мають ніякого впливу на технологічні процеси.

Просте програмування через дисплей, має міцну конструкцію з корозійно-стійких матеріалів, визначає рівень з автоматичною компенсацією зміни температури. Ультразвукові рівнеміри серії LU дозволяють проводити вимірювання без контакту з речовиною.

Компактний корпус з полікарбонату (електроніка і дисплей).

Основні характеристики ультразвукового датчика рівня LU 91/921:

- Точність виміру 0,01 %;
- Межа вимірювань 0,02 ...3,5 м;
- Вихідний сигнал 4-20 мА;
- Ступінь захисту IP 68;
- Вартість 14 500 грн.



Рисунок 3.7 – Датчик виміру рівня LU 91/921

Порівнявши технічні характеристики датчиків рівня LUC 4, The Probe, US50 та LU 91/921, а також їхню вартість можна зробити висновок, що вони мають схожі характеристики і задовольняють умовам, наведеним у технічному регламенті. Але для контролю рівня суміші в нітродозері ми вибираємо датчик LU 91/921, так як він нам найбільше підходить і має найнижчу собівартість. Цей датчик забезпечує високу точність вимірювання, призначений для роботи в вибухово-небезпечних середовищах.

3.1.3 Датчики концентрації кислоти.

В процесі отримання нітроцелюлози необхідно регулювати концентрацію кислоти після апарату БВВК різних зон для належного проходження технологічного процесу та отримання на виході якісної продукції. Для вимірювання концентрації на виході головного апарату БВВК можливе використання наступних рН-метрів:

- а) БЛД рН-4122, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.8.

Промисловий двоканальний рН-метр-4122 використовується для автоматичного вимірювання активності іонів водню (рН), окисно-відновного потенціалу (ОВП) і температури водних середовищ.

Даний апарат створює цифрову індикацію значень рН, ЕРС і температури, перетворюючи їх в пропорційні значення уніфікованих вихідних сигналів постійного струму, обмін даними по цифровому інтерфейсу RS485, сигналізацію про вихід вимірюваних параметрів за межі заданих значень, а також архівування та графічне відображення результатів вимірювань.

Даний апарат використовується в різних сферах: теплоенергетика, хімічна, нафтохімічна, целюлозно-паперова, харчова та інші галузі промисловості.

Основні характеристики датчика БЛД рН-4122:

- Точність виміру 1,5 %;
- Вихідний сигнал 0-5, 4-20 мА;
- Ступінь захисту IP 65;
- Вартість 21 467 грн



Рисунок 3.8 – Датчик рівня рН БЛД рН-4122

б) рН-метр МАРК 902МП, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.9.

рН-метр МАРК 902МП використовується для безперервного вимірювання активності іонів водню (рН), а також передачі результатів вимірювань по уніфікованому струмовому виходу або по портам RS-232, RS-485. Діапазони вимірювання вільно програмовані, можливе проведення незалежних вимірювань в двох точках одночасно. Є автоматична термокомпенсація, градування за стандартними буферним розчинам з їх автоматичним визначенням.

Конструкцією приладу передбачений надійний захист від пилу і вологи.

Основні характеристики датчика рН-метр МАРК 902МП:

- Точність виміру 2 %;
- Вихідний сигнал 0-5, 4-20 мА;

- Ступінь захисту IP 65;
- Вартість 46 630 грн



Рисунок 3.9 – Датчик рівня рН MARK 902МП

в) рН-метр ILM-2, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.10.

Концентратомір ILM-2 має зносостійкий принцип вимірювання, 12 вимірювальних діапазонів, легко регульований температурний коефіцієнт, аналоговий вихід для електропровідності і температури. Результати вимірювань передаються по уніфікованому струмовому виходу. Найменший діаметр труби для його монтажу – DN40. Електричне з'єднання з M12 штекером, для вимірювання на більшій глибині передбачена подовжена занурювана насадка.

Даний концентратомір використовується в різних сферах: теплоенергетика, хімічна, нафтохімічна, целюлозно-паперова, харчова та інші галузі промисловості.

Деякі приклади застосування: фазовий поділ чистящих розчинів, розділ середовищ вода – кислота – луг та інших середовищ, вимір концентрації, контроль якості готового продукту.

Основні характеристики Концентратоміра ILM-2:

- Точність виміру 2 %;
- Вихідний сигнал 4-20 мА;
- Ступінь захисту IP 69К;
- Вартість 21 300 грн.



Рисунок 3.10 – Датчик концентрації ІЛМ-2

Порівнявши технічні характеристики датчиків БЛД рН-4122, МАРК 902МП та ІЛМ-2, можна зробити висновок, а також їхню вартість можна зробити висновок, що у них схожі характеристики. Всі датчики мають цифровий вихідний сигнал для зв'язку з пристроєм управління. Але із представлених датчиків вибираємо датчик ІЛМ-2, так як він має достатню точність вимірів, меншу вартість і кращий ступінь захисту.

Датчик цієї марки буде використовуватись для вимірювання концентрації на виході головного апарату БВВК.

3.1.4 Двигун для мішалки бункера та апарату БВВК

Для постійного перемішування целюлози, щоб вона не злежувалася в бункері, сама мішалка бункера приводиться в рух за допомогою електродвигуна потужністю 11 кВт.

а) Вибухозахищений електродвигун АИММ 132М4

Зовнішній вигляд двигуна АИММ 132М4 наведений на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд двигуна АИММ 132М4

Технічні характеристики двигуна АИММ 132М4 наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики двигуна АИММ 132М4

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| <u>Виробник</u> | ТМ-Мотор |
| <u>Напруга</u> | 0,38 кВ |
| <u>Номінальний струм</u> | 22,2 А |
| <u>Потужність</u> | 11,0 кВт |
| <u>Частота обертання</u> | 1500,0 об / хв |
| <u>Режими роботи</u> | <u>Тривалий</u> |
| <u>Система охолодження двигуна</u> | <u>Зовнішній обдув</u> |
| ККД | 88,5 % |
| <u>Захисний кожух</u> | Так |
| <u>Ступінь захисту</u> | IP 54 |
| <u>Маса</u> | 125 кг |
| <u>Ціна</u> | 17 484 грн |

б) Вибухозахищений електродвигун 4ВР132М4

Зовнішній вигляд двигуна 4ВР132М4 наведений на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – Зовнішній вигляд двигуна 4ВР132М4

Технічні характеристики двигуна 4ВР132М4 наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики двигуна 4ВР132М4

| | |
|-------------------|----------------|
| Виробник | ТМ-Мотор |
| Напруга | 0,38 кВ |
| Номінальний струм | 7,5 А |
| Потужність | 11,0 кВт |
| Частота обертання | 1500,0 об / хв |

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| Режими роботи | Тривалий |
| Система охолодження двигуна | Зовнішній обдув |
| ККД | 84,0 % |
| Захисний кожух | Так |
| Ступінь захисту | IP 54 |
| Маса | 87,2 кг |
| Ціна | 15 476 грн |

Проаналізувавши двигуни ми визначили, що нам підходять за своїми технічними характеристиками обидва, вони мають вибухозахищене виконання, а виробництво нітрату целюлози в цілому характеризується наявністю пожежо-вибухонебезпечних контактів з середовищем, і їх характери в дозволених нормах. Із представлених електродвигунів ми обираємо двигун АИММ 132М4, хоча двигун 4ВР132М4 і має меншу вартість, але двигун АИММ 132М4 має більшу ККД.

3.1.5 Двигун для шнека нітродозера та мішалки

Для обертання шнека нітродозерів №1, 2, 3 і 4 та їх мішалок необхідно використовувати електродвигун потужністю 4.0 кВт.

а) Вибухозахищений електродвигун АИР90L4, технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики двигуна АИР90L4

| | |
|--|-------------------|
| Виробник | Сибірелектромотор |
| Напруга | 0,38 кВ |
| Номінальний струм | 5,3 А |
| Потужність | 4,0 кВт |
| Коефіцієнт потужності | 0,81 |
| Частота обертання | 1000,0 об / хв |
| Режими роботи | Тривалий |
| Система охолодження двигуна | Зовнішній обдув |
| Відношення максимального моменту до номінального моменту | 2.3 |
| ККД | 80,0% |

| | |
|-----------------|-------|
| Захисний кожух | Так |
| Ступінь захисту | IP 55 |

Зовнішній вигляд двигуна АИР90L4 наведений на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 – Зовнішній вигляд двигуна АИР90L4

б) електродвигун АИМ-АИММ 100 L4

Технічні характеристики двигуна АИМ-АИММ 100 L4 наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики двигуна АИМ-АИММ 100 L4

| | |
|---|--------------------------|
| <u>Виробник</u> | <u>Сибірелектромотор</u> |
| <u>Напруга</u> | 0,38 кВ |
| <u>Номінальний струм</u> | 3,9 А |
| <u>Потужність</u> | 4,0 кВт |
| <u>Коефіцієнт потужності</u> | 0,81 |
| <u>Частота обертання</u> | 1500,0 об / хв |
| <u>Режими роботи</u> | <u>Тривалий</u> |
| <u>Система охолодження двигуна</u> | <u>Зовнішній обдув</u> |
| <u>Відношення максимального моменту до номінального моменту</u> | 2.3 |
| <u>ККД</u> | Не менш 82,8% |
| <u>Захисний кожух</u> | Так |
| <u>Ступінь захисту</u> | IP 20 |

Оскільки нітрація целюлози характеризується пожеже-вибухонебезпечним процесом, то в якості двигуна шнека обираємо АИР90L4. Так як його конструкцією передбачене вибухозахищене виконання.

3.1.6 Електропривід

В ході ведення процесу нітрації целюлози суміш з нітродозерів зливається на подальшу обробку. Для цього використовується клапан з електроприводом. Процес зливу суміші з нітродозерів пожежо- вибухонебезпечний, так як в більшості трубопроводів технологічної схеми виробництв протікають розчини кислот, які є сильними окислювачами, але не являються горючими.

а) Електропривод BELIMO LR24A-SR, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 3.15.

Електроприводи Belimo LR24A-SR для 2х -3х - ходових шарових клапанів DN 15 ... 32 розроблені спеціально для високоточного регулювання подачі рідини в системах опалення та кондиціонування повітря. Потужні електроприводи запобігають залипанню клапанів при паузах в роботі. Даний електропривод з аналоговим управлінням (AC / DC 24 В) та керуючим сигналом DC 0 ... 10 В.

Основні технічні характеристики електроприводу BELIMO LR24A-SR наведені в таблиці 3.5.

Особливості:

- Привід легко встановлюється на клапан за допомогою одного гвинта, горизонтально в будь-якому з чотирьох положень. Привід легко кріпиться на клапан за допомогою одного гвинта, горизонтально в будь-якому з чотирьох положень.
- Захист приводу від перевантажень, автоматична зупинка при досягненні крайніх положень. Привід захищений від перевантажень. Зупинка відбувається автоматично при досягненні крайніх положень.
- Ручне регулювання. Можливість механічного управління за допомогою важеля. При натисканні кнопки на корпусі, редуктор виводиться з зачеплення і клапаном можна керувати вручну.



Рисунок 3.15 – Електропривід BELIMO SR24A-SR

Таблиця 3.5 – Основні технічні характеристики BELIMO SR24A-SR

| | |
|----------------------|---|
| Допоміжні перемикачі | Немає |
| Момент, що обертає | 5 Нм |
| Живлення | 24 В~/= |
| Приєднання | Гвинтом |
| Серія | SR |
| Управління | Плавне 0 ... 10 В = Робочий діапазон 0,5 ... 10 В |
| Споживча потужність | 1.5 Вт |
| Вартість: | 2950 грн |

б) Вибухозахищений привід клапана Schischek ExRun - 5.10-Y, наведений на рисунку 3.16.

Електроприводи Schischek ExRun вибухозахищеного виконання призначені для роботи в небезпечних зонах: класу 1, 2, 21, 22, коли присутній газ і вибухонебезпечний пил. Виконання «Червоний», «Жовтий» та «Зелений» залежать від класу безпеки зони, типорозміри S і M припускають різні габарити і різні зусилля актуатора. Робочий хід до 60 мм, має повний захист від перевантажень, максимальне зусилля до 10000 Ньютон. Керування можливе 3-х позиційне та аналоговим сигналом 4-20мА. За бажанням можливе використання зворотного зв'язку 0-10 В, 4-20 мА. Типорозмір S.

Додатково рекомендується замовити систему кріплення.

Основні технічні характеристики електроприводу ExRun - 5.10-Y наведені в таблиці 3.6.



Рисунок 3.16 – Електропривод ExRun - 5.10-Y

Таблиця 3.6 – Основні характеристики ExRun - 5.10-Y

| | |
|----------------------|--|
| Допоміжні перемикачі | Немає |
| Максимальне зусилля | 10000 Н |
| Живлення | 24..230 В~/-(автоматично) |
| Приєднання | Гвинтом |
| Корпус | Алюмінієвий корпус IP 66 |
| Управління | Плавне 0-10 В, 4-20мА, або 3-позиційне |
| Споживча потужність | 1.7 Вт |
| Вартість: | 6 345 грн |

Порівнявши технічні характеристики електроприводів будемо використовувати ExRun - 5.10-Y, так як він має вибухозахищене виконання і не буде необхідності в додатковому обладнанні для забезпечення безпечного протікання процесу. Також однією з основних переваг можна назвати автоматичне визначення напруги живлення і варіативність способів керування.

3.1.7 Пристрій плавного пуску

В процесі нітрації целюлози необхідно керувати двигунами мішалок, шнеків. Напряму з контролера це зробити в нашому випадку неможливо, тому необхідні додаткові проміжні пристрої. Нам не потрібно керувати швидкістю двигунів, тому достатньо просто правильно їх запустити, для цього достатньо пристрою плавного пуску.

а) Пристрій плавного пуску ОВЕН УПП2, представлений на рисунку 3.17.

Лінійка пристроїв плавного пуску УПП2 забезпечують управління пуском і зупинкою електродвигуна потужністю до 110 кВт в режимі плавного наростання напруги.

Особливості та переваги лінійки УПП2: легка установка на DIN-рейку пристроїв до 30 кВт; вбудований байпас; 2- або 3-провідне управління запуском / зупинкою; відмінний ресурс із запусків (до 4хІном протягом 20 секунд при важкому режимі роботи).

Сумісність з системами електроживлення з з'єднанням за схемою «трикутника» і заземленням.

Основні характеристики пристрою плавного пуску ОВЕН УПП2 наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Основні характеристики пристрою пуску УПП2

| | |
|--------------------|--|
| Виробник | ОВЕН |
| Напруга живлення | 200 ... 400 В |
| Керуюча напруга | 110 ... 240 В (2-др. <u>підкл.</u>) 380 ... 440 В (3-др. <u>Підкл.</u>) |
| Ступінь захисту | IP20 |
| Потужність двигуна | до 110 кВт |
| Вартість | 11 530 грн |



Рисунок 3.17 – Пристрій плавного пуску ОВЕН УПП2

б) Пристрій плавного пуску SSW05, представлений на рисунку 3.18.

Дані пристрої плавного пуску для трифазних двигунів з керуванням на базі DSP (процесор цифрової обробки сигналів), призначені для поліпшення характеристики при запуску та зупинці електродвигунів, мають відмінне співвідношення вартість / якість. Переваги: низька ціна, цифрова обробка сигналу, висока ефективність.

Основні характеристики пристрою плавного пуску SSW05 наведені в таблиці 3.8.



Рисунок 3.18 – Пристрій плавного пуску SSW05

Таблиця 3.8 – Основні характеристики пристрою плавного пуску SSW05

| | |
|--------------------|---------------|
| Виробник | СВ АЛЬТЕРА |
| Напруга живлення | 220 ... 460 В |
| Керуюча напруга | 380-440 В |
| Ступінь захисту | IP20 |
| Потужність двигуна | до 45 кВт |
| Вартість | 10 750 грн |

Порівнявши технічні характеристики пристроїв плавного пуску, можна зробити висновок, що у обох перетворювачів схожі характеристики і вони однаково можуть підходити. Хоча SSW05 має меншу вартість, ми обираємо пристрій серії УПП2, бо він має можливість підключення потужнішого двигуна, можлива 2х та 3х -дротова схема підключення та засоби автоматизації виробника ОВЕН ми уже обрали для автоматизації. Для двигуна бункера та апарату БВБК обираємо модифікацію УПП2-15К-В (для керування двигуном до 15кВт), а для мішалки та шнека нітродозера УПП2-7,5К-В (для керування двигуном до 7,5кВт).

3.1.8 Контролер

На основі таблиці 1.1 і аналізу процесу нітрації целюлози висуємо вимоги до портів контролера. Вимоги до портів контролера винесені до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Вимоги до портів контролера

| Сигнали | Кількість сигналів |
|-------------------|--------------------|
| Аналогові вхідні | 9 |
| Дискретні вхідні | 0 |
| Аналогові вихідні | 12 |
| Дискретні вихідні | 10 |

Виходячи з технічних даних датчиків та виконавчих механізмів, для компонування системи управління комп'ютерною технікою обрані модулі переважно від компанії ОВЕН, орієнтовані на споживачів у країнах СНД. Засоби автоматизації, що випускаються ОВЕН, є повністю власною розробкою.

Це дозволяє отримати детальну документацію російською мовою, технічну підтримку та навчання, а також гарантійне та післягарантійне обслуговування в сервісних центрах по всьому

СНД. Також компанія ОВЕН має виробничу площадку в Харкові (Україна), що спрощує замовлення засобів автоматизації даної компанії.

а) Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160 (рисунок 3.19)

Призначений для створення систем управління для малих та середніх об'єктів.

Побудова системи управління і диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК можлива як за допомогою провідних засобів – за допомогою вбудованих інтерфейсів Ethernet, RS-232, RS-485, так і за допомогою бездротових засобів – використовуючи радіо, GSM, ADSL модеми.

Конструктивні особливості ОВЕН ПЛК 160

Контролер виконаний в компактному DIN-рейковому корпусі.

Розширення кількості точок введення/виведення здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів введення/виводу за допомогою одного з вбудованих інтерфейсів.

Обчислювальні ресурси ОВЕН ПЛК 160

Контролер має потужні обчислювальні ресурси за відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9, з частотою 180МГц від компанії Atmel;

- великий обсяг оперативної пам'яті - 8МБ;
- великий обсяг постійної пам'яті - Flash пам'ять, 4МБ;
- обсяг енергонезалежної пам'яті, для зберігання змінних - до 16КБ.

Електричні параметри

- Два варіанти харчування для кожного контролера:
- змінний струм: (90-265) В, (47 ... 63) Гц;
- постійний струм: (18-29) В.
- Невелика споживана потужність до 10 Вт.
- Дискретні входи – 16
- Дискретні виходи – 12
- Аналогові входи – 8
- Аналогові виходи – 4
- Всі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.
- Тип сигналу може бути як n-p-n, так і p-n-p.
- Дискретні виходи типу: Р - реле.



Рисунок 3.19 – ОВЕН ПЛК 160

«Швидкі» аналогові входи, для підключення уніфікованих датчиків струму, напруги. Дискретні виходи контролерів цієї лінійки можуть бути налаштовані на видачу ШІМ, або генератора з високою точністю.

б) Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК63 (рисунок 3.20)

ОВЕН ПЛК63 - контролер з НМІ для локальних систем автоматизації. Основні сфери застосування ARIES PLK63 - житлово-комунальні послуги, центральне опалення, ІТП, котельні, малі установки. Основні можливості ОВЕН ПЛК63:

- Дворядковий дисплей, що синтезує символи;
- Наявність дискретних входів / виходів на борту;
- Спеціальні модифікації з вибором дискретних / аналогових виходів;
- Вбудовані інтерфейси RS-485, RS-232;
- Вбудований годинник реального часу;
- Підтримка протоколів ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, GateWay;
- Безкоштовна бібліотека функціональних блоків;
- Стандартні бібліотеки CODESYS;
- Можливість розширення шляхом підключення модулів вводу / виводу;
- Збільшення кількості дискретних виходів шляхом підключення модуля ОВЕН MP1.

Важливою особливістю є вбудований акумулятор, який дозволяє ПЛК працювати без зовнішнього джерела живлення принаймні 3 місяці! Також після відключення електроенергії можна виконати спеціальну програму у випадку відключення електроенергії та перевести елементи джерела в «безпечний стан».

Наявність дисплея спрощує налаштування ПЛК, деякі зміни в робочу програму можна внести без стороннього комп'ютера.



Рисунок 3.20 – ОВЕН ПЛК 63

Технічні характеристики:

- напруга живлення - постійного струму від 150 до 300 В (номінальне 220 В), змінного струму (47 ... 63 Гц) від 90 до 264 В (номінальне 110/220 В);
- центральний процесор - 32-разрядный RISC 50 МГц на базі ядра ARM7;
- обсяг пам'яті зберігання програм - 280 кб;
- конструктивне виконання- кріплення на DIN-рейку;
- споживана потужність до 12 Вт;
- Дискретні входи – 4;
- Дискретні виходи – 2;
- Аналогові входи – 8;
- Аналогові виходи – 4;
- Дискретні виходи типу: Р - реле.;

Оскільки вбудованих аналогових входів / виходів недостатньо, існує необхідність використовувати додаткові модулі вводу / виводу аналогових і дискретних сигналів.

Порівнявши технічні характеристики контролерів ПЛК160 і ПЛК63, робимо висновок, що основна різниця між контролерами в кількості вхідних і вихідних каналів, а оскільки виробництво вимагає коригування великої кількості параметрів, вибираємо контролер ПЛК63.

в) Modicon M241(рисунок 3.21)

Програмований логічний контролер Modicon M241 призначений для вирішення проблем у галузі промислової автоматизації технологічних процесів. Modicon M241 зарекомендував себе як надійний та простий в інтеграції як із обладнанням компанії Schneider Electric, так і з обладнанням сторонніх виробників.



Рисунок 3.21 – Контролер Modicon M241CE40U

Основні технічні характеристики Modicon M241CE40U:

- номінальна напруга живлення 24В;
- споживана потужність - не більше 35 ВА;
- центральний процесор RISC-процесор, 32 розряду, 180 МГц, на базі ядра ARM-9, з частотою 1 ГГц компанії Atmel;
- об'єм оперативної пам'яті - 128 МБ, з них 64 МБ для коду користуvalьницької програми, 8кБ для змінних користуvalьницької програми;
- кількість дискретних входів/виходів 40 шт;
- напруга живлення дискретних входів 24 ± 3 В;
- кількість аналогових каналів вимірювання – відсутні;
- тип вхідного сигналу – напруга 0 ... 10 В;
- кількість аналогових виходів – відсутні;
- вартість - 9119 грн.

3.1.9 Модуль введення аналогових сигналів ОВЕН МВ110-2А

Прилад призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів у цифровий код та передачі результатів вимірювань до мережі RS-485. Призначається для побудови автоматизованих систем збору даних у різних галузях промисловості, сільського господарства та комунального господарства, транспорту.

Прилад працює в мережі RS-485 згідно протоколів ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Прилад має наступні групи гальванічно-ізолюваних ланцюгів:

- ланцюга живлення приладу;
- ланцюга інтерфейсу RS-485;

- ланцюга вимірювальних входів.

Прилад не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК, на якому працює система SCADA, контролер або регулятор.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод згідно з ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Модуль введення аналогових сигналів наведений на рисунку 3.22.



Рисунок 3.22 - ОВЕН МВ110-2А

Основні особливості модуля швидкісного введення аналогових сигналів МВ110-8АС:

- 2 канали аналогового введення
- Типи вхідних сигналів: уніфіковані сигнали струму (0-20 мА, 4-20 мА, 0-5 мА) і напруги (0-10 В)
- Частота вимірів: до 200 вибірок в секунду
- Напруга живлення: ~ 220 В або 24 В (в залежності від модифікації)
- Вбудований джерело живлення датчиків: 24 В, 180 мА (для модифікації зі змінним напругою живлення).

3.1.10 Модуль аналогових виходів ОВЕН МУ110-8И

Прилад призначений для перетворення цифрових сигналів, переданих через мережу RS-485, в аналогові сигнали в діапазоні від 4 до 20 мА для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації та самописцям.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК, на якому працює система SCADA, контролер або регулятор.

До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурація МУ110 здійснюється за допомогою ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ОБЕН АС3-М або АС4, відповідно) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод згідно з ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Основні особливості модуля аналогового виведення ОБЕН МУ110-8И: 8 каналів аналогового виведення 4-20 мА, напруга живлення: ~ 220 В або = 24 В (універсальне джерело живлення).

Модуль введення аналогових сигналів наведений на рисунку 3.23.



Рисунок 3.23 - ОБЕН МВ110-2А

3.1.11 Модуль дискретного виводу МУ110-8Р

Прилад призначений для управління за сигналами з мережі RS-485 вбудованими дискретними ВЕ, що використовується для підключення виконавчих механізмів з дискретним керуванням. Вбудовані ВЕ можуть працювати в режимі ШІМ.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОБЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати майстер мережі, наприклад, ПК, на якому працює система SCADA, контролер або регулятор. МУ110 постачається

з безкоштовним OPC-драйвером та бібліотекою стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати під час підключення приладу до систем SCADA та контролерів інших виробників.

Конфігурація МУ110 здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад ОВЕН АС3-М або АС4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки. Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод згідно з ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Модуль дискретного виводу МУ110-8Р представлений на рисунку 3.24.



Рисунок 3.24 – Модуль дискретного виводу МУ110-8Р

Основні особливості модуля дискретного виводу ОВЕН МУ110-8Р:

- 8 каналів дискретного виводу, групова розв'язка;
- типи вихідних елементів: Р - е / м реле 3 А ~ 250 В або = 30 В;
- можливість видачі ШІМ-сигналу з будь-якого виходу;
- напруга живлення: ~ 220 В або = 24 В (в залежності від модифікації).

3.1.12 Вибір блока живлення

Блок живлення призначений для живлення стабілізованою напругою постійного струму спектру радіоелектронних пристроїв – автоматики реле, контролерів, датчиків тощо.

а) Блок живлення ОВЕН БП60

Основні функції:

- перетворення змінної (постійної) напруги в постійну стабілізовану в двох або чотирьох незалежних каналах;

- обмеження пускового струму;
 - захист від перенапруги та імпульсних завад на вході;
 - захист від перевантаження, короткого замикання та перегріву;
 - регулювання вихідної напруги за допомогою внутрішнього підлаштування резистора в діапазоні $\pm 8\%$ від номінальної вихідної напруги зі збереженням потужності;
 - індикація про наявність напруги на виході кожного каналу
- Основні технічні характеристики БП60 представлені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Основні технічні характеристики ОВЕН БП60Б

| | |
|---|--------------------------------|
| Частота <u>вхідної змінної напруги</u> : | 47...63 Гц |
| <u>Поріг спрацьовування захисту по струму</u> : | не <u>більше</u> 1,5 |
| Максимальна <u>вихідна потужність</u> : | 60 Вт |
| <u>Нестабільність вих. напруги при зміні напруги живлення</u> : | $\pm 0,2\%$ |
| <u>Нестабільність вих. напр. при зміні струму навантаження від 0,1 I_{max} до I_{max}</u> : | $\pm 0,25\%$ |
| <u>Робочий діапазон температур</u> : | -20...+50 °C |
| <u>Коефіцієнт температурної нестабільності вихідної напруги в робочому діапазоні температур</u> : | $\pm 0,025\% / ^\circ\text{C}$ |
| <u>Рівень радіоперешкод по ГОСТ Р 51527</u> : | група С |
| <u>Ступінь захисту</u> | IP20 |
| <u>Вихідна напруга</u> : | $24 \pm 1\% \text{ В}$ |
| <u>Амплітуда пульсації вихідної напруги</u> : | 120мВ |

Зовнішній вигляд блоку живлення ОВЕН БП60 представлений на рисунку 3.25.



Рисунок 3.25 – Блок живлення ОВЕН БП60

б) Блок живлення Schneider Electric ABL4RSM24100 (рисунок 3.26)



Рисунок 3.26 – Блок живлення ABL4RSM24100

Імпульсні блоки живлення Phaseo серії Slim ABL4RS (ABL4RS) та ABL4WS (ABL4WS) для вирішення різних завдань у промисловій, непромисловій та житлово-комунальній сфері. Підключення до однофазних і трифазних мереж.

Номінальна вхідна напруга 90-264 В AC, 340-550 В AC. Вихідні напруга (струм): 24 В (від 3,5 до 40 А). Точність вихідної напруги 1%. Діапазон потужностей від 85 до 960 Вт. Захист від перевантаження та короткого замикання, тепловий захист, вбудований захист від перенапруги в вихідний ланцюга.

Вбудована функція автоматичного перезапуску після усунення несправностей, якщо вони виникають.

Присутній потенціометр для регулювання вихідної напруги. Вбудовані світлодіоди та контакт для індикації стану блоку живлення.

Сумісність з функціональними модулями ABL8B / RED / D / P для безперебійної роботи та резервування. Кріплення на DIN-рейці або панелі за допомогою висувних кріпильних вушок. Основні технічні характеристики наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Технічні характеристики ABL4RSM24100.

| | |
|---|------------------------------------|
| Частота <u>вхідної змінної напруги</u> : | 47...63 Гц |
| <u>Поріг спрацьовування захисту по струму</u> : | не б. 1,5 I_{max} |
| Максимальна <u>вихідна потужність</u> : | 240 Вт |
| <u>Нестабільність вих. напруги при зміні напруги живлення</u> : | $\pm 0,2 \%$ |
| <u>Нестабільність вих. напр. при зміні струму навантаження від 0,1 I_{max} до I_{max}</u> : | $\pm 0,25 \%$ |
| <u>Робочий діапазон температур</u> : | $-20...+60 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| <u>Коефіцієнт температурної нестабільності вихідної напруги в робочому діапазоні температур</u> : | $\pm 0,025 \%$ / $^\circ\text{C}$ |
| <u>Рівень радіоперешкод по EN 55011</u> | class B |
| Тип і <u>габаритні розміри корпусу</u> : | Д4, 87x105x108 мм |
| <u>Вихідна напруга</u> : | $24 \pm 1 \%$ В |
| <u>Амплітуда пульсації вихідної напруги</u> : | 120мВ |
| Макс. струм <u>навантаження I_{max}</u> : | 4 А |
| Струм <u>споживання</u> : | 1,03...0,41 А |
| Вартість: | 3500 грн. |

б) ОВЕН БП120-С (рисунок 3.27)



Рисунок 3.27 – Блок живлення ОВЕН БП120-С

Блоки живлення ОВЕН БП30-С, БП120-С призначені для живлення стабілізованою напругою 24 В постійного струму приладів автоматики та інших радіоелектронних пристроїв. Основні технічні характеристики наведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Основні технічні характеристики ОВЕН БП

| Найменування | Значення |
|--------------|---------------|
| Марка | БП120Б-Д9-24С |

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Вхідна напруга: | |
| – змінного струму | 90...264 В |
| – постійного струму | 110...370 В |
| Частота вхідної змінної напруги | 47...63 Гц |
| Максимальна вихідна потужність | 180 Вт |
| Робочий діапазон температур | –40...+70 °С |
| Ступінь захисту корпусу | IP20 |
| Ціна: | 2950 грн |

Порівнявши всі блоки живлення можемо зробити висновок, що блок живлення ОВЕН БП60 підходить більше за вимогами споживаної потужності і до цього ми вже вибрали прилади цього виробника, саме тому ми зупиняємо вибір на цьому блоці живлення.

3.1.13 Станція оператора АСУ AdvantiX IPC-SYS1-3-A9

Модель AdvantiX IPC-SYS1-3-A9 поєднує в собі низьку вартість станції оператора АСУ з усім необхідним для безвідмовної роботи, властивим серверному рішенню. Це високопродуктивний промисловий комп'ютер. Станція призначена для використання на промисловому виробництві, де потрібно працювати з ресурсоемними додатками та стійкістю до несприятливих зовнішніх впливів. Ефективна робота одночасно з кількома додатками можлива завдяки використанню процесора з двома обчислювальними ядрами.

Модель надійна в експлуатації, ударостійка, стійка до вібрацій, температурних впливів та підвищеної вологості. Її корпус оптимізований для кріплення в 19-дюймові стійки, в яких станція займає секцію висотою 4U.

Технічні характеристики AdvantiX наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 - Основні технічні характеристики AdvantiX

| | |
|---------------------------|---|
| <u>Процесор</u> | Core i7-6700 (4 ядра, HT) |
| <u>Пам'ять</u> | до 64ГБ, 4 x DIMM DDR4-2133 |
| <u>Відеосистема</u> | Інтегрований графічний адаптер Intel HD Graphics 510/530, DX 12 |
| Мережа | 2 x контролера Ethernet 10/100/1000 Intel i219LM, i210AT, <u>підтримується WoL (Wake-on-Lan)</u> , PXE, Teaming, <u>iAMT 11</u> |
| Порти | 7 x USB 2.0 4 x USB 3.0 2 x LAN (RJ-45) 2 x PS/2 2 x COM (RS-485), 1 x LPT Line In, Line Out, Mic |
| <u>Живлення</u> | 2 x 400W <u>або</u> 2 x 450W RPS з <u>гарячою заміною</u> |
| <u>Робоча температура</u> | 5...40°C (робота) |
| <u>Операційна система</u> | Microsoft Windows 7 32/64, Windows 8.1 x64, Windows 10 x64, Win Server 2012, Linux |
| <u>Гарантія</u> | 2 роки |

Станція оператора АСУ наведена на рисунку 3.28.



Рисунок 3.28 – Станція оператора АСУ AdvantiX IPC-SYS1-3-A9

3.1.14 Вибір інтерфейсу зв'язку

Уніфікований інтерфейс RS485 використовується для забезпечення необхідної надійності передачі даних на великі відстані. Тому для зв'язку модулів розширення з промисловим контролером ми будемо використовувати зазначений інтерфейс із відповідними протоколами.

Інформаційні мережі, засновані на цьому інтерфейсі, стали найбільш поширеними при проектуванні мереж промислової автоматизації. Це високошвидкісний та стійкий до шуму послідовний інтерфейс, який дозволяє створювати мережі, підключаючи до 32 пристроїв паралельно до однієї фізичної лінії. На інтерфейсі RS485 Дані передаються за допомогою

"симетричного" диференціального сигналу по двох лініях (А і В). Максимальна довжина лінії зв'язку між крайніми пристроями може становити до 1200 м (і більше з використанням повторювачів). Швидкість передачі становить 115200 біт / с. Для зв'язку промислового контролера ОВЕН ПЛК63 із промисловим комп'ютером буде використовувати інтерфейс RS485.

4 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ

4.1 Опис алгоритму роботи системи.

Загалом, система працює за алгоритмом, наведеним на рисунку 4.1.

Після включення живлення система перевіряє роботу всіх пристроїв, а потім, у разі несправності, система видає повідомлення про несправність, після чого вона буде чекати подальших дій оператора.

У разі успіху система ініціалізує всі пристрої і чекає команди запуску. Після отримання команди запуску запускається програма запуску системи.

Ця програма необхідна для уникнення аварій під час пуску, а також для уникнення ситуацій пожежі та вибуху. Коли програма запуску виконає повний запуск системи, система переключиться на основну програму, за якою і продовжує працювати.

4.2 Підпрограма перевірки працездатності

Алгоритм перевірки працездатності представляє наступну процедуру:

Спочатку система вимагає готовності контролера і буде чекати відповіді деякий час, поки не спрацює таймер сигналізації. Якщо контролер не реагує протягом цього часу, робиться висновок про несправність системи, але якщо контролер відповідає на запит, система переходить до перевірки модулів виводу, послідовно надсилаючи запити кожному з них і чекаючи відповіді.

Якщо хоча б один пристрій не реагує, система виявляє несправність. Якщо всі модулі вводу-виводу працюють, система продовжує перевірку датчиків, як і в попередньому випадку, надсилаючи запити і чекаючи відповіді.

Якщо всі пристрої та датчики працюють, тобто справні, система виходить із програми.

Алгоритм програми перевірки працездатності показаний на рисунку 4.2.

4.3 Підпрограма запуску системи

Алгоритм запуску системи необхідний для того, щоб уникнути аварійних ситуацій, браку продукції, а також для економії енергії. Перш за все, система перевіряє наявність подачі целюлози в бункер і лише тоді включається двигун мішалки бункера. Це необхідно для того, щоб двигун не працював на холостому ходу і не витрачав електроенергію. Після часткового завантаження бункера починається подача кислоти до нітродозера. Коли рівень досягає 1/3 від усього об'єму ємності – починається також подача целюлози через шнеки і вмикається мішалка і система починає працювати (виходить на робочий режим).

Алгоритм запуску системи показаний на рисунку 4.3.

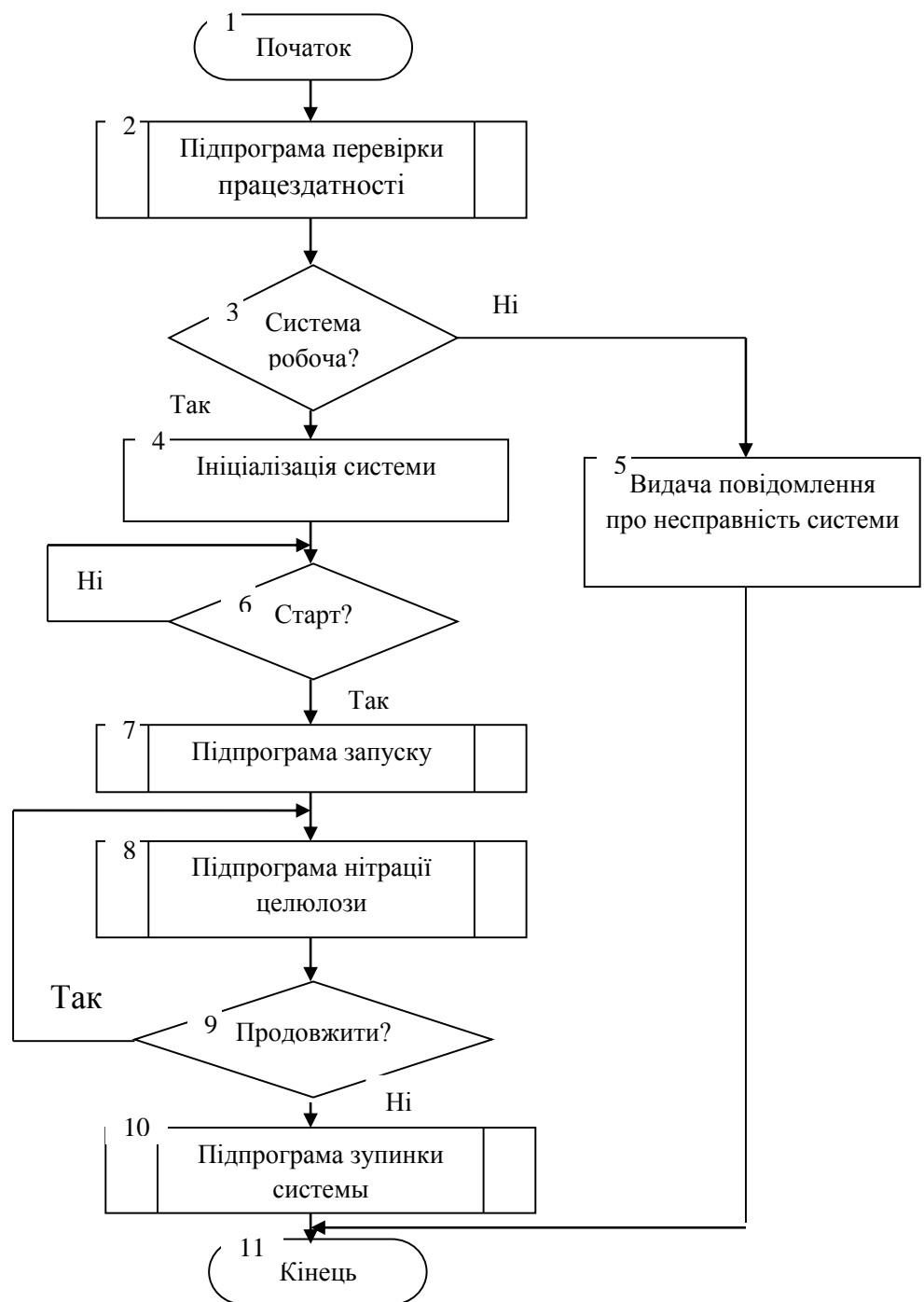
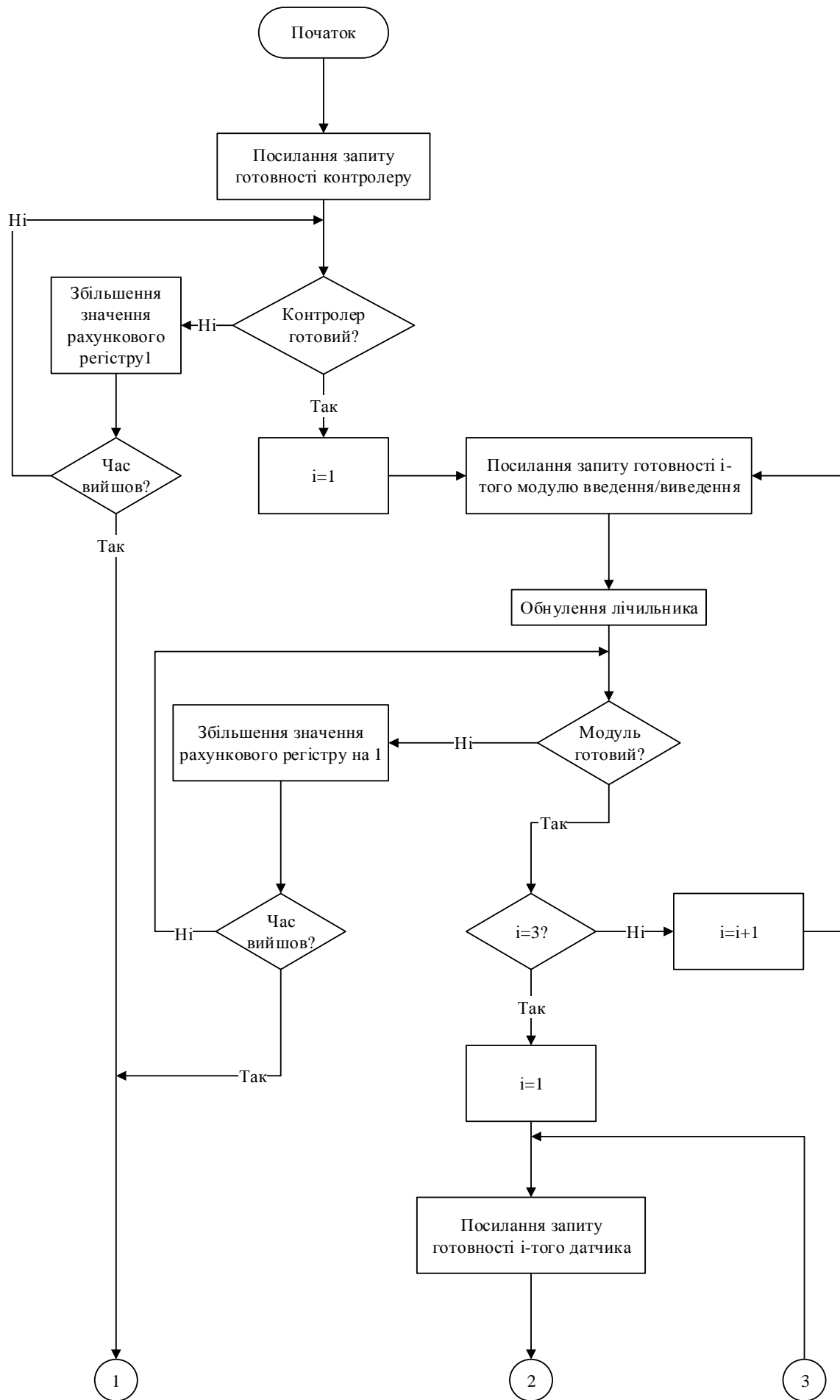


Рисунок 4.1 – Загальний алгоритм роботи системи



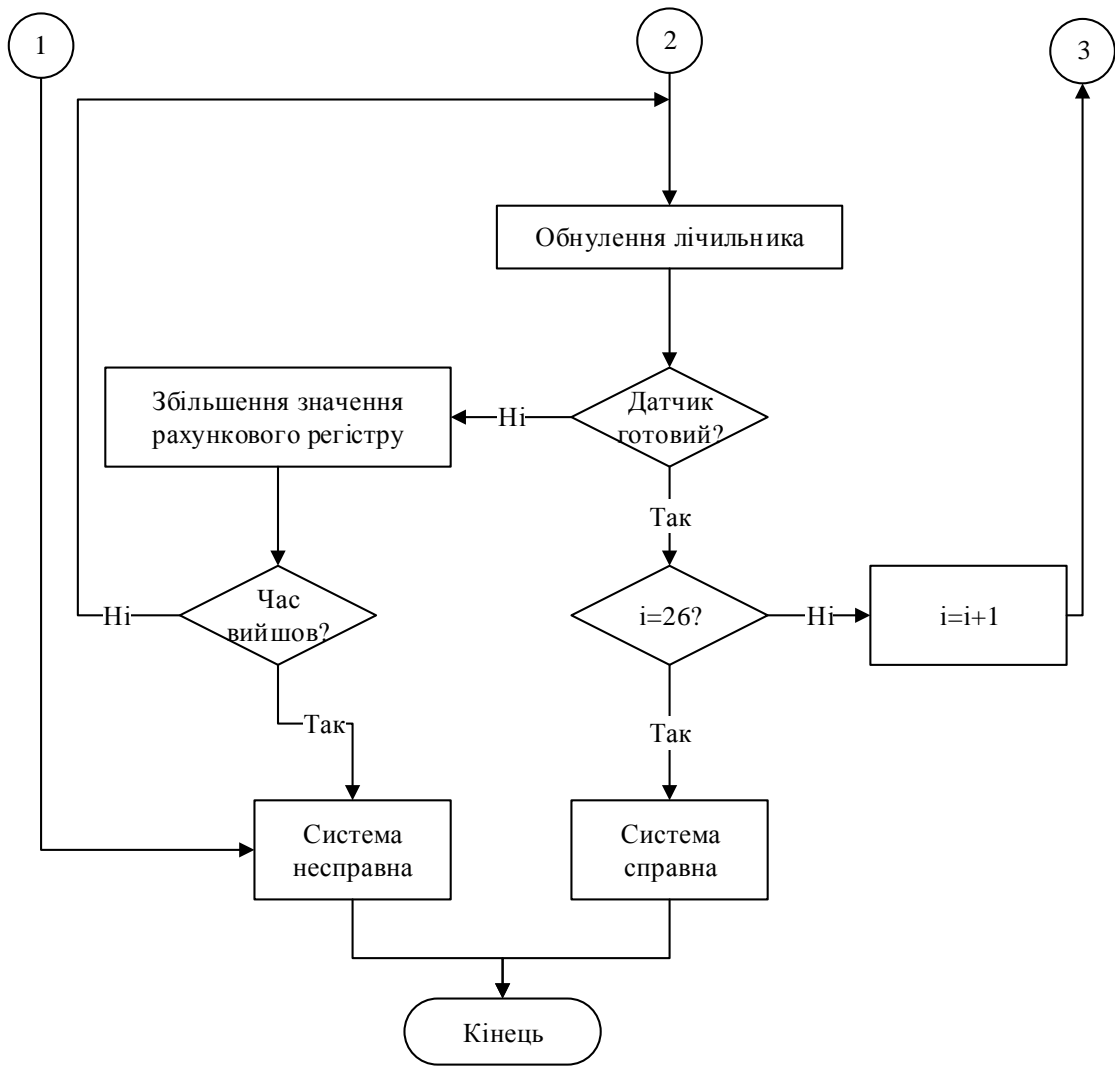


Рисунок 4.2 – Алгоритм перевірки працездатності системи

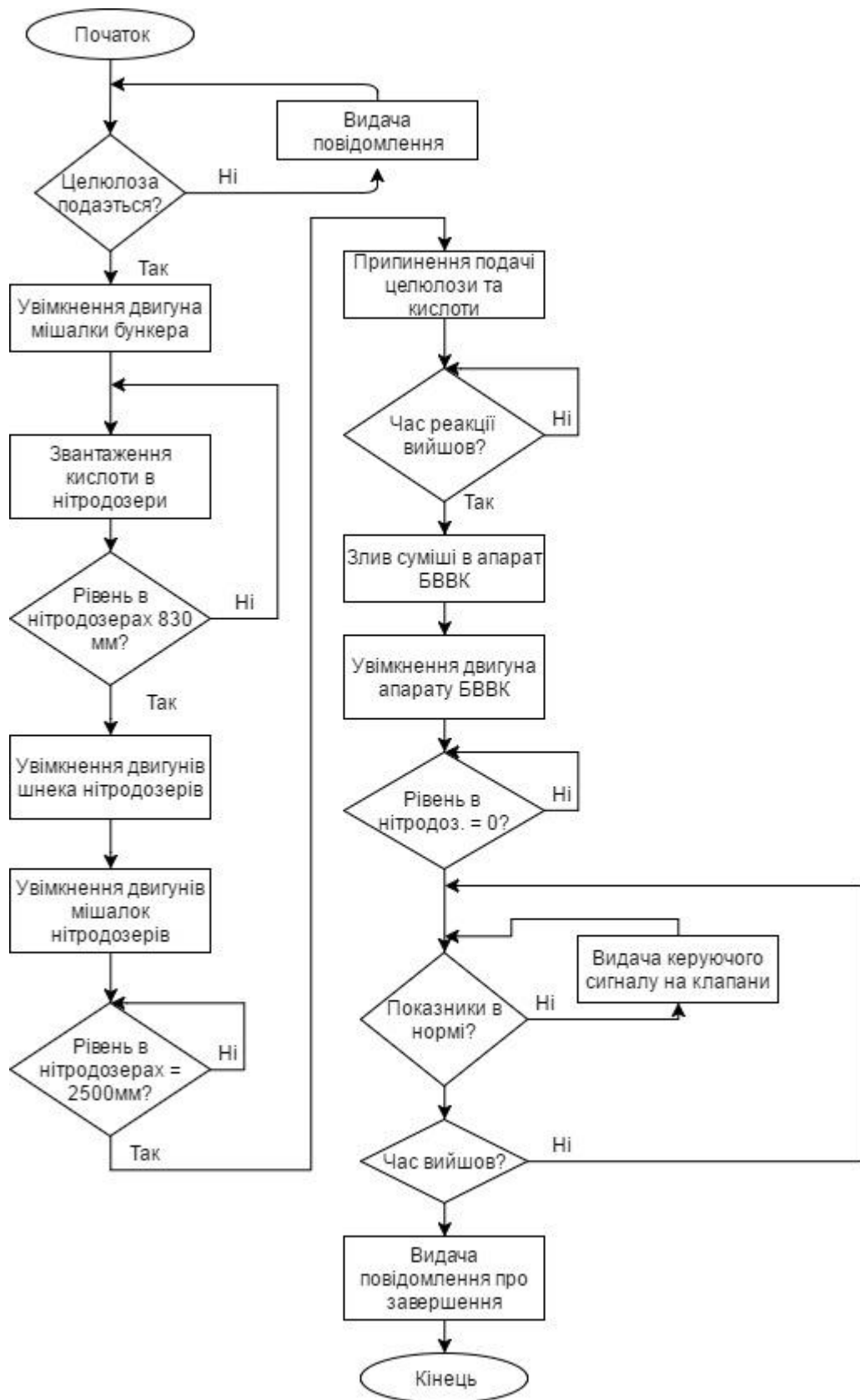


Рисунок 4.3 – Алгоритм запуску системи

5 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

В якості регульованого технологічного параметру виберемо концентрацію кислоти на виході з апарату БВВК після зони 4. БВВК – це круговий апарат, в якому здійснюється другий етап (ступінь) нітрації – донітрірування целюлози шляхом зрошення її відпрацьованої кислотної суміші і витіснення сорбованих целюлозою кислот.

Рівень концентрації кислоти регулюється подачею кислотної суміші до самого апарату БВВК у відповідну зону. Концентрація кислоти на виході з 4-ї зони повинна бути на рівні 4,9 рН.

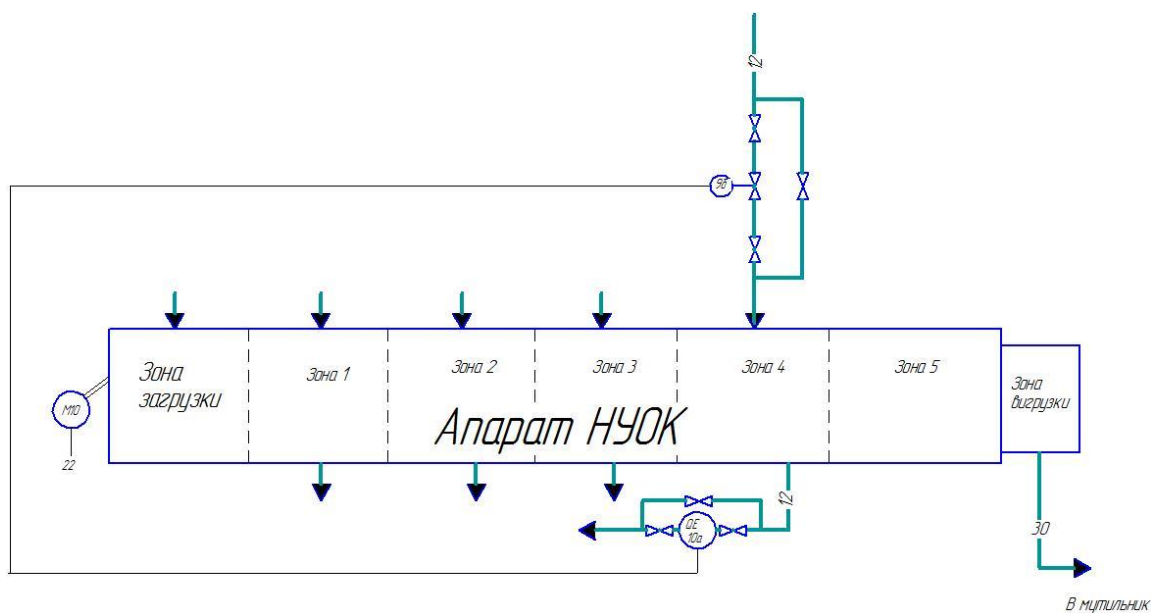


Рисунок 5.1 – Контур керування концентрацією кислоти після апарату БВВК зони 4

В результаті синтезу ми повинні отримати перехідний процес із наступними показниками якості:

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

5.1 Отримання математичного опису об'єкта керування

Математична модель об'єкта управління у вигляді кривої розгону представлена на рисунку 5.2, яку ми отримали в результаті експерименту при подачі ступінчатого сигналу на вхід об'єкта керування.

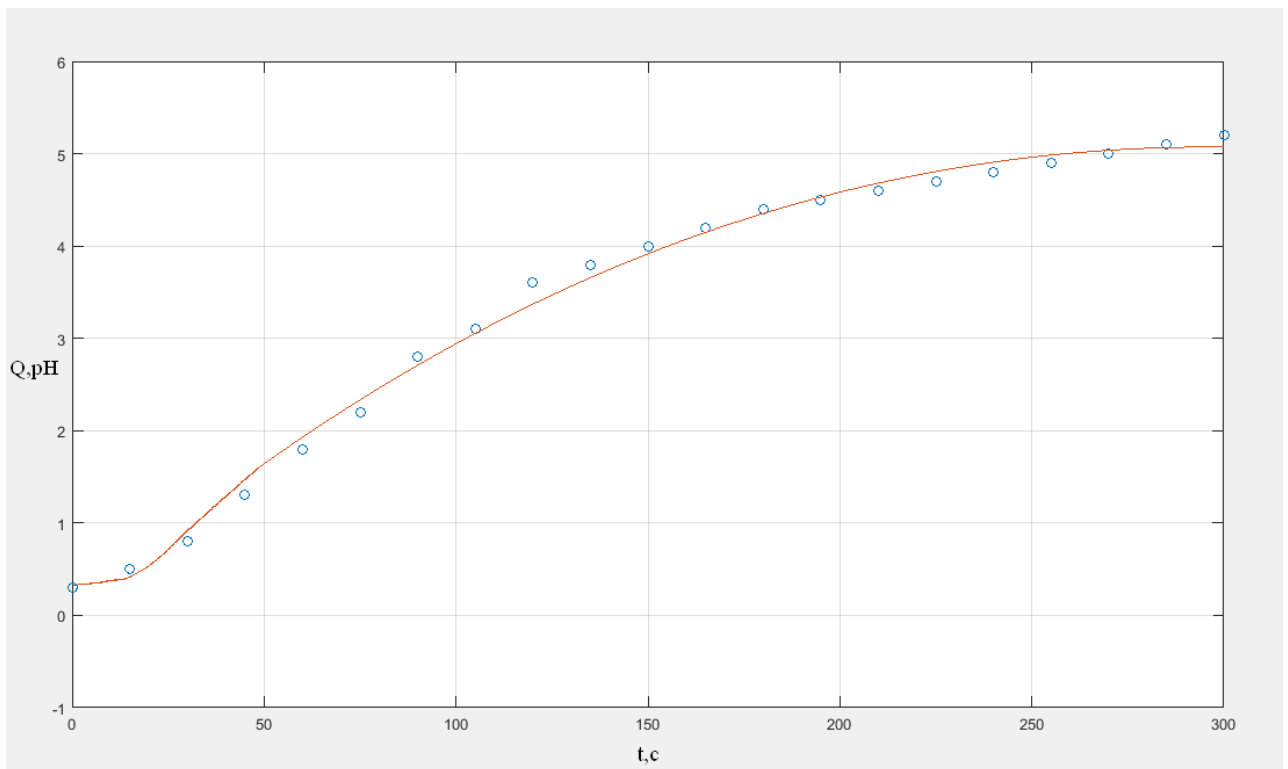


Рисунок 5.2 –Крива розгону об’єкту управління

На основі апроксимації “кривої розгону” за допомогою методу Сімою отримаємо передаточну функцію об’єкту управління.

5.1.1 Нормування кривої розгону

Із ординат кривої розгону формуємо вектор-строку даних:

$$Y1(t) = (0.3 \ 0.5 \ 0.8 \ 1.3 \ 1.8 \ 2.2 \ 2.8 \ 3.1 \ 3.6 \ 3.8 \ 4 \ 4.2 \ 4.4 \ 4.5 \ 4.6 \ 4.7 \ 4.8 \ 4.9 \ 5 \ 5.1 \ 5.2).$$

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 $y_{уст} = 4.9$) і визначимо розмірність вектора N , результати заносимо в таблицю 5.1.

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

$$N = 20.$$

Таблиця 5.1 – Нормовані значення кривої розгону

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|
| h | 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 |

5.1.2 Задаємось видом передатної функції

При $t = 0$ $y = 0$ і $\frac{dy}{dt} = 0$, а отже, $n - m = 2$.

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

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

де k – номер обчислюваного коефіцієнта S_k ;

i – номер кроку розрахунку за часом.

5.1.3 Розраховуємо перші 5-ть коефіцієнтів S

За допомогою пакета MathCad розраховуємо перші 5-ть коефіцієнтів S (рисунок 5.3).

Згідно розрахунків, отримали 5 перших коефіцієнтів.

$$S_1 = 215.204;$$

$$S_2 = 1.272 \cdot 10^4;$$

$$S_3 = -1.214 \cdot 10^5;$$

$$S_4 = 3.281 \cdot 10^6;$$

$$S_5 = 2.495 \cdot 10^4.$$

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

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

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

Рисунок 5.3 – Розрахунок коефіцієнтів S за допомогою пакета MathCad

Згідно п. 5.1.2 приймаємо, що перехідна функція має другий порядок. І оскільки прийнято, що різниця між степенями знаменника і чисельника дорівнює двом, очевидно, що порядок чисельника m у нашому випадку повинен дорівнювати 0 (тобто константі в чисельнику), а коефіцієнти будуть співвідноситись як:

$$\alpha_1 = S_1; \alpha_2 = S_2; \alpha_k = S_k.$$

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

$$\alpha_1 = S_1 = 215.204; \alpha_2 = S_2 = 1.272 \cdot 10^4.$$

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

Таким чином, передатна функція об'єкта може буде представлена в вигляді

$$W(s) = \frac{K}{a_2 s^2 + a_1 s + 1} = \frac{4.9}{1.272 \cdot 10^4 \cdot s^2 + 215.204 \cdot s + 1} .$$

5.2 Розрахунок параметрів настроювання стандартного регулятора

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

Структурна схема імітаційної моделі наведена на рисунку 5.3.

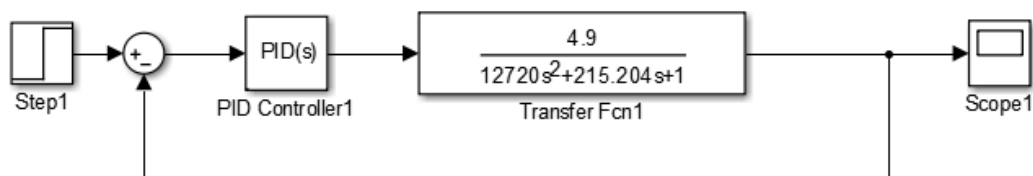


Рисунок 5.3 – Структурна схема моделювання з ПІД- регулятором

При $k_0^* = 17$ отримали незатухаючий перехідний процес, представлений на рисунку 5.4.

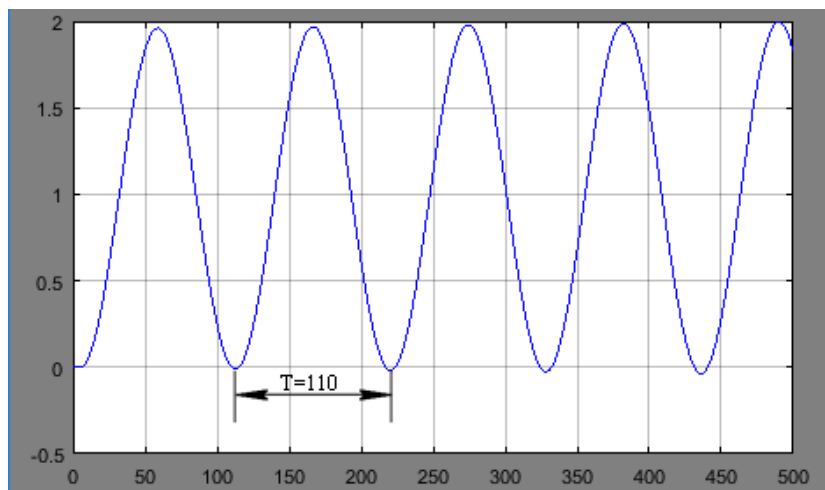


Рисунок 5.4 – Незатухаючі коливання при $k_0^* = 17$

Критичне значення періоду коливань $T^* = 110$ с

Для розрахунку ПІД-регулятора використовуємо формули:

- коефіцієнт при пропорційній складовій $k_0 = 0.6k_0^* = 0.6 * 17 = 10,2$;
- коефіцієнт при інтегральній складовій k_1 отримаємо зі співвідношення $\frac{k_0}{k_1} = T^*/2$,
звідки $k_1 = \frac{k_0 * 2}{T^*} = \frac{10,2 * 2}{110} = 0.185$;
- коефіцієнт при диференціальній складовій k_2 отримаємо зі співвідношення $\frac{k_2}{k_0} = T^*/8$,
звідки $k_2 = \frac{k_0 * T^*}{8} = \frac{10,2 * 110}{8} = 140,25$;

Перевіримо розрахунок за допомогою імітаційного моделювання.

Структурна схема моделювання в середовищі MatLab (Simulink) системи управління з ПІД-регулятором, налаштованим методом незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса) представлена на рисунку 5.5.

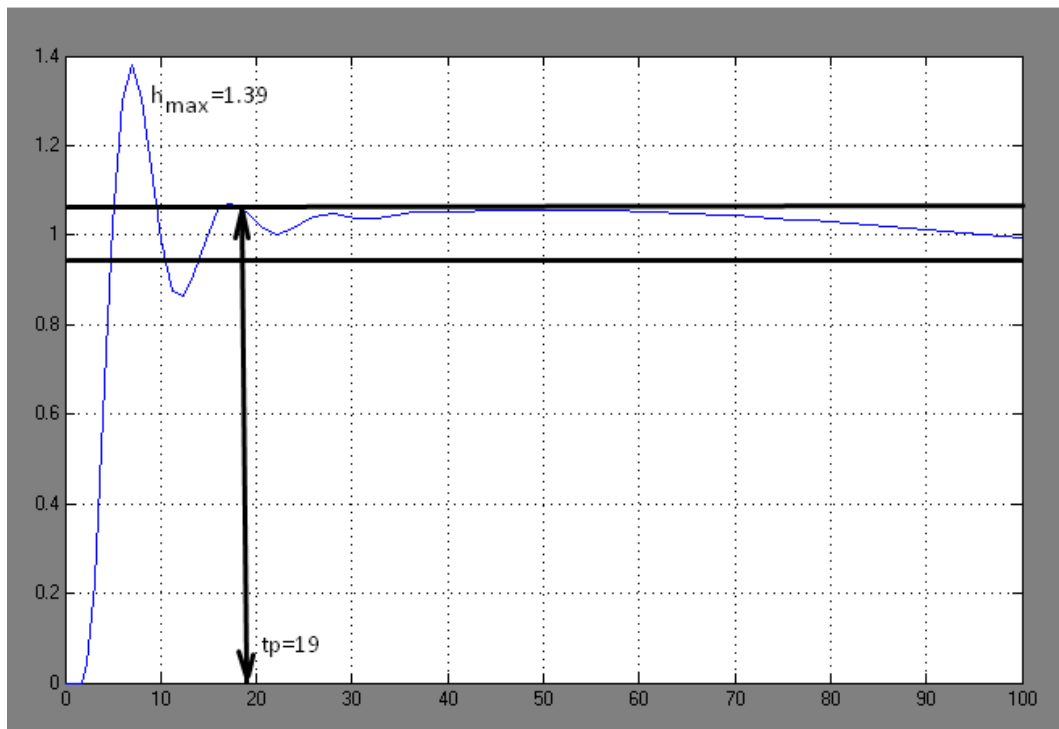


Рисунок 5.5 – Перехідний процес при розрахункових настройках

Показники якості системи з коефіцієнтами розрахованими за методом незатухаючих коливань представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – 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 |

5.3 Синтез аналогової системи управління методом Солодовнікова

Для порівняння з попереднім методом ми розраховуємо параметри 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

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

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

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

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 $\omega = 0,0088 \text{ с}^{-1}$ нахил збільшиться до 40 дБ/дек. Незмінна ЛАЧХ зображена на рисунку 5.6.

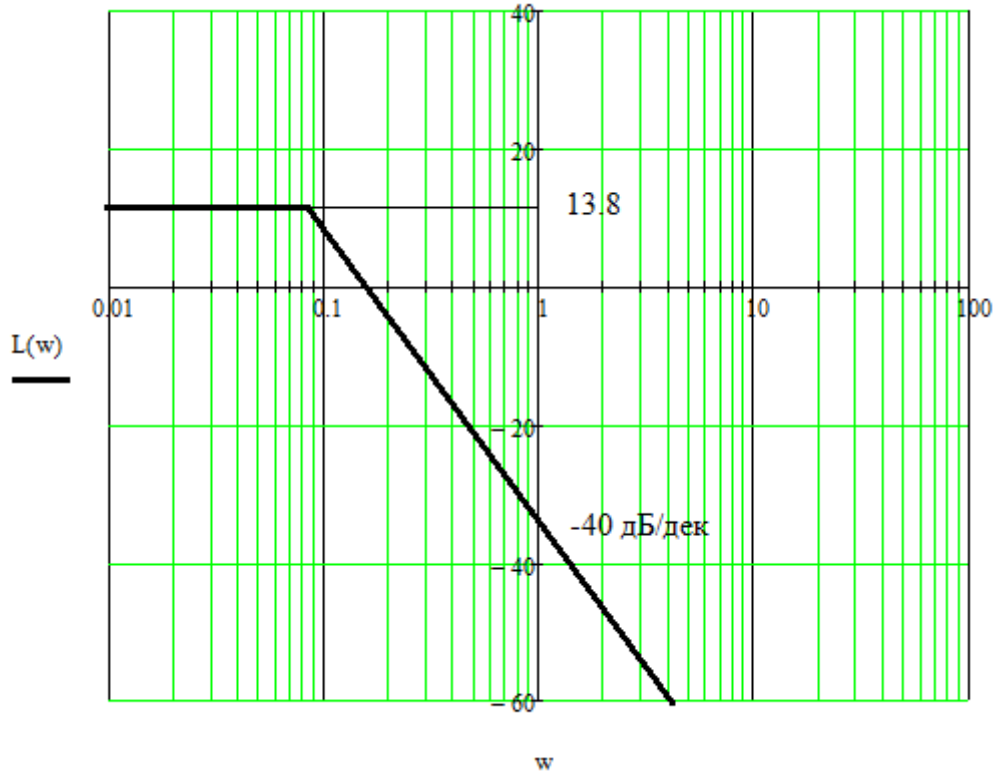


Рисунок 5.6 – Незмінна ЛАЧХ

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

$$k_y = \frac{1-s_0}{s_0} = \frac{1-0,02}{0,02} = 49.$$

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. 5.7)

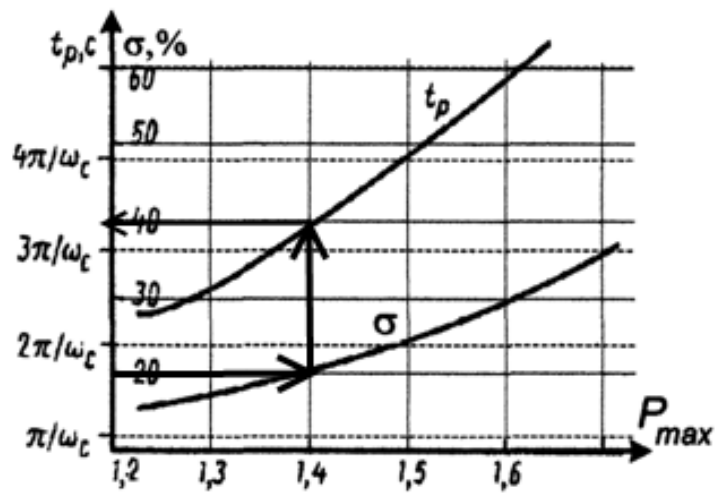


Рисунок 5.7 – Номограма Солодовнікова

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

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

По номограмі на рисунку 5.8 визначимо ординати середньочастотної частини ЛАЧХ

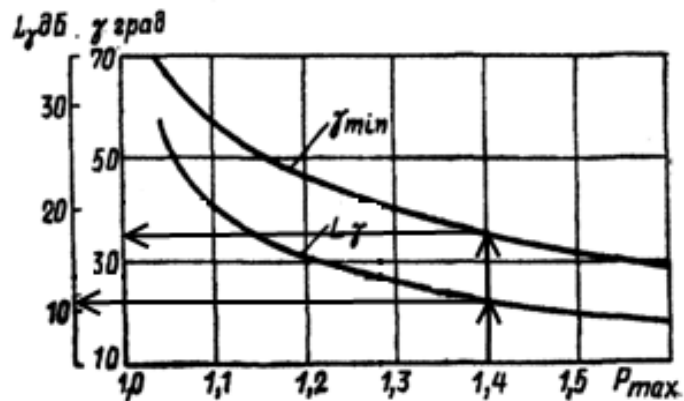


Рисунок 5.8 – Графік залежностей $L_{\Delta\phi}(\omega)$ та $\Delta\phi_{min}(\omega)$

$L_m = \pm 6$ дБ.

Побудуємо бажану ЛАЧХ системи управління $L_j(\omega)$ представлена на рисунку 5.9.

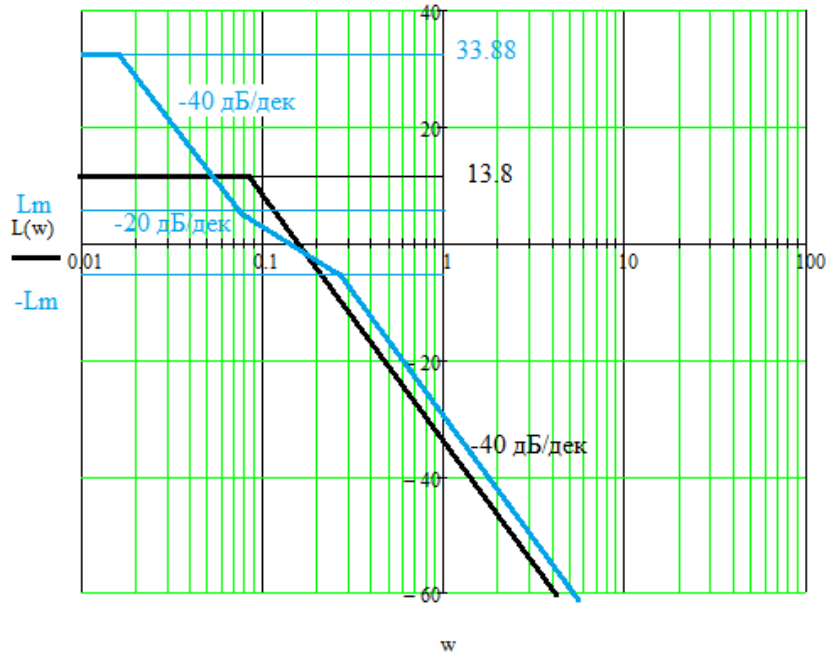


Рисунок 5.9 – Бажана та незмінна асимптотична ЛАЧХ

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. 5.10).

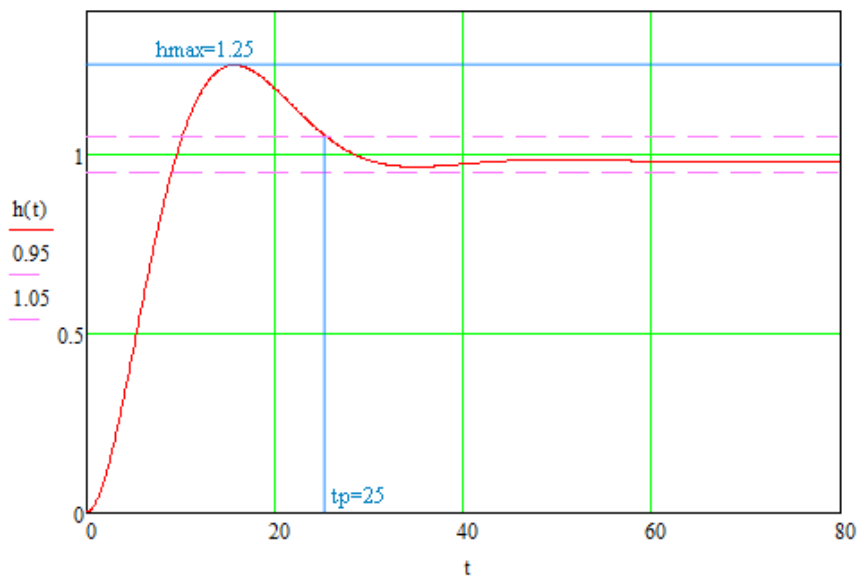


Рисунок 5.10 – Перехідна характеристика замкненої регульованої системи управління

Визначаємо основні показники якості для перехідної характеристики та заносимо їх в таблицю 5.3.

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

$$t_p = 25\text{с}.$$

Таблиця 5.3 – Основні показники якості перехідної характеристики

| № | Показник якості | Одиниця виміру | Чисельне значення |
|---|-------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Перерегулювання | $\sigma, \%$ | 25 |
| 2 | Час перехідного процесу | $t_p, \text{с}$ | 25 |
| 3 | Статична точність | $\%$ | 2 |

Висновок: визначені параметри регулятора забезпечують задані умови.

5.4 Висновок

Ми робимо висновок, що, дивлячись на таблицю 5.4, при синтезі ПД-регулятора методом незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса) очевидно, що виконання умов не було досягнуто, надмірне регулювання виходило за межі зазначеної міри.

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

Таблиця 5.4 – Порівняльні характеристики показників якості системи

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

6 РЕАЛІЗАЦІЯ МНЕМОСХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Для створення АСУТП в даному проєкті була використана САПР TRACE MODE 6. В якій були виконані операції:

6.1 Створення екрана АРМ

Екран АРМ служить графічним представленням (у вигляді мнемосхеми) технологічного процесу, виробляє індикацію основних параметрів процесу, а так само дає можливість оператору вносити зміни технологічних параметрів і законів управління.

На рисунку 6.1 показано екран АРМ створений для автоматизації технологічного процесу нітрації целюлози.

На мнемосхемі розташовані пристрої, які беруть участь у технічному процесі. На нітродозерах №1, 2, 3 та 4 ми бачимо умовне зображення дисплея, яке відображає поточне значення рівня відповідної ємності (рисунок 6.2).

При запуску схеми за допомогою кнопки «Запуск» починається імітація технологічного процесу. Активні в даний час елементи (клапани, двигуни) змінюють свій колір, тим самим сигналізуючи оператору, на якій стадії (етапі) знаходиться процес (рисунок 6.3).

Значення параметрів, які необхідно підтримувати на певному рівні, встановлюються програмно. Змінити ці значення звичайний оператор не може, оскільки це може призвести до нещасних випадків. Але є системна панель управління для випробувань.

6.2 Створення системної панелі керування технологічним процесом

При розробці системи управління необхідно враховувати якомога більше можливих ситуацій і зробити систему більш зручною у використанні та більш функціональною. Для цього була розроблена система панель керування технологічним процесом нітрації целюлози (рисунок 6.4). Доступ до неї можливий лише за наявності спеціального коду, який має обмежена кількість співробітників.

Панель містить набір кнопок для управління окремими елементами автоматизації, елементи візуального сигналу та лінію тренду.

Одним із прикладів використання цієї системної панелі є випробування окремих елементів автоматики або ручний вплив на хід технологічного процесу (за необхідності).

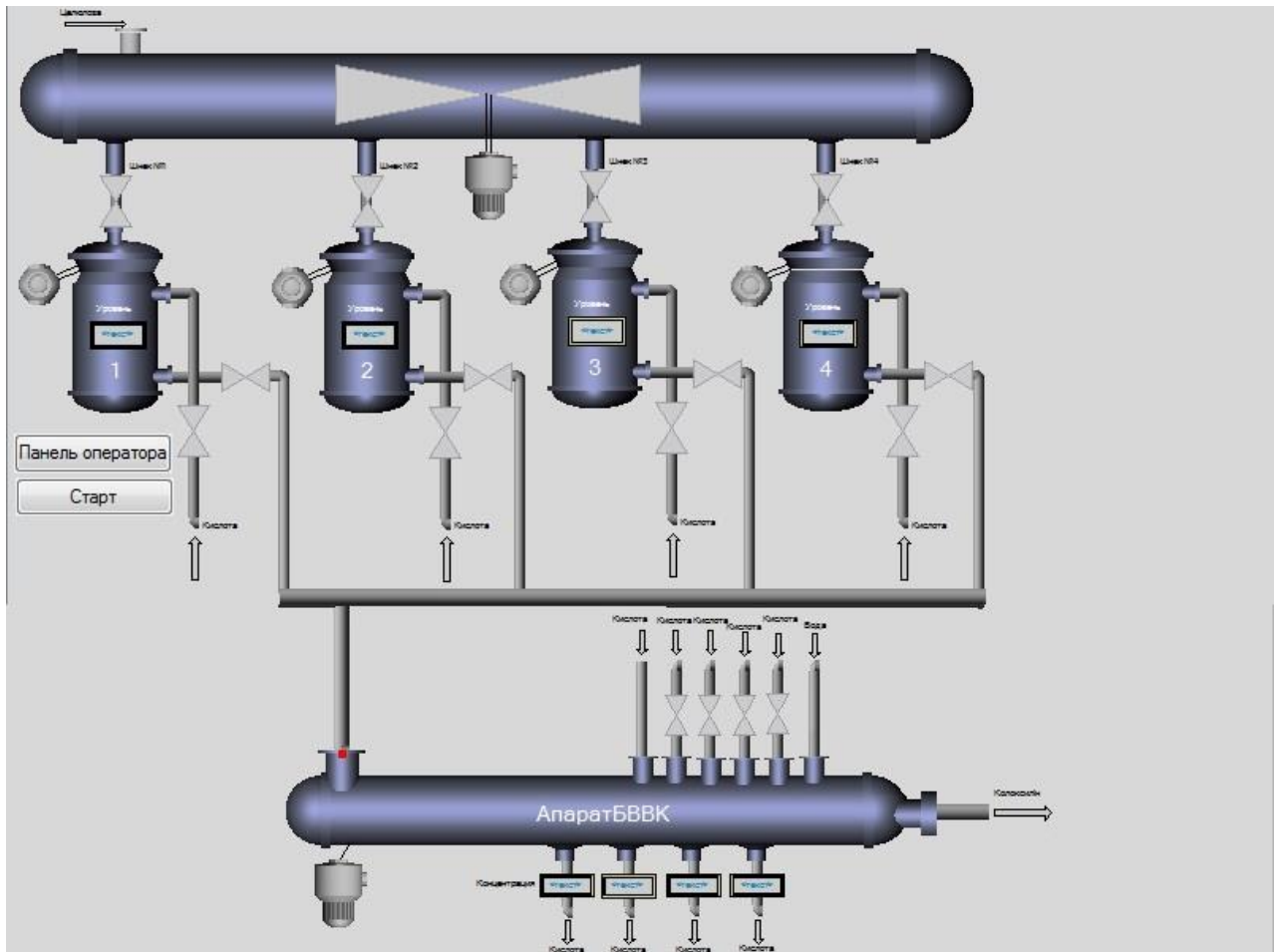


Рисунок 6.1 – АРМ оператора для АСУТП

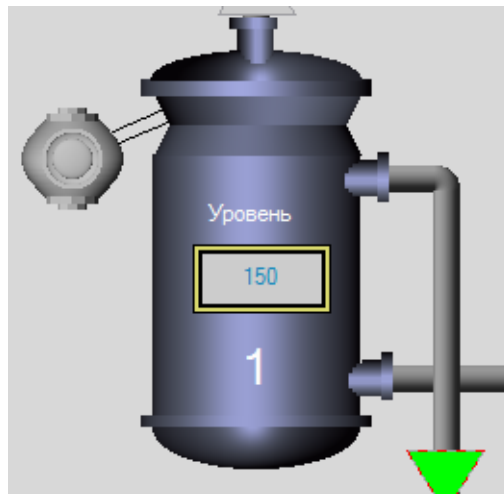


Рисунок 6.2 – Дисплей нитродозера №1 з показами поточного рівня

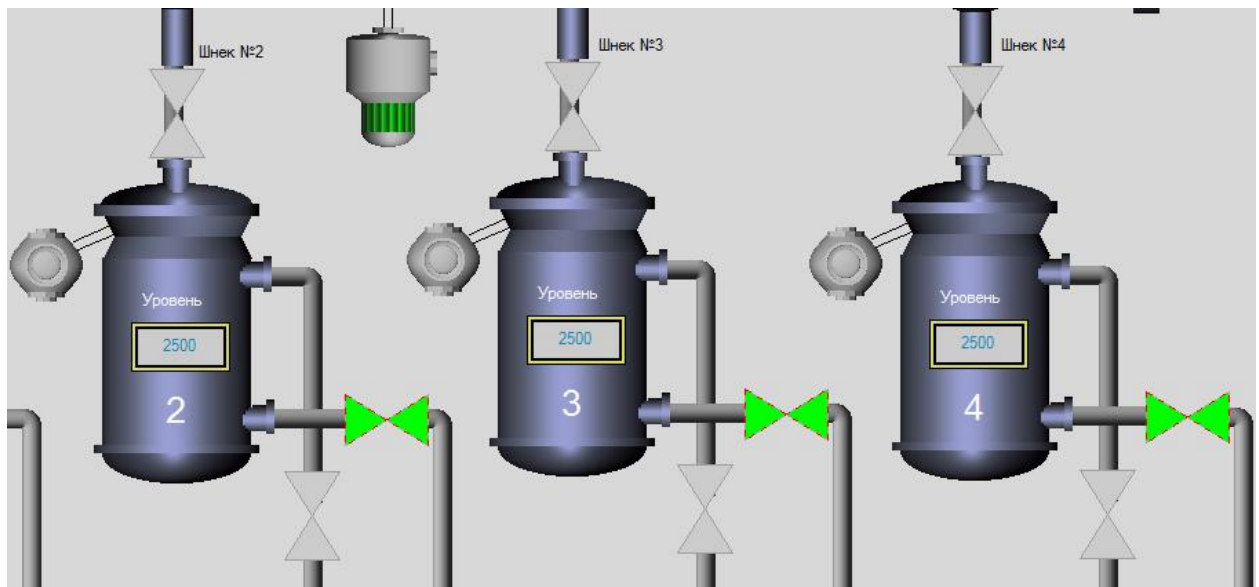


Рисунок 6.3 – Візуальна сигналізація поточного процесу

6.3 Створення програмного забезпечення для контролера

Створимо програму, яка реалізує функції управління підтриманням рівня концентрації кислоти в круговому апараті БВВК після зони 4 на заданому рівні. Давайте використаємо для цього мову програмування ST.

Мова програмування Structured Text – це одна із складових частин стандарту IEC61131-3 та представляє собою текстову мову програмування високого рівня. Structured Text в деякій мірі має схожість з відомими Pascal, Basic, C++ та php, що робить його дуже зручним інструментом програмування ПЛК для програмістів необізнаних зі специфікою FBD, LD, SFC, IL.

Structured Text ідеально підходить для опису алгоритмів, що містять складні математичні обчислення або розгалужену структуру. Крім того, ST дозволяє більш компактно описувати алгоритми порівняно з графічними мовами.

Переваги мови програмування ST:

- люди, знайомі з Pascal і Basic зможуть швидко звикнути до ST;
- програма на ST легко читається, завдяки символічному поданню;
- програма на ST може бути створена в будь-якому текстовому редакторі.

Structured Text містить безліч конструкцій, що дозволяють призначати значення змінним, викликати функції та функціональні блоки, описи умовних переходів, операторів, ітераційних процесів.

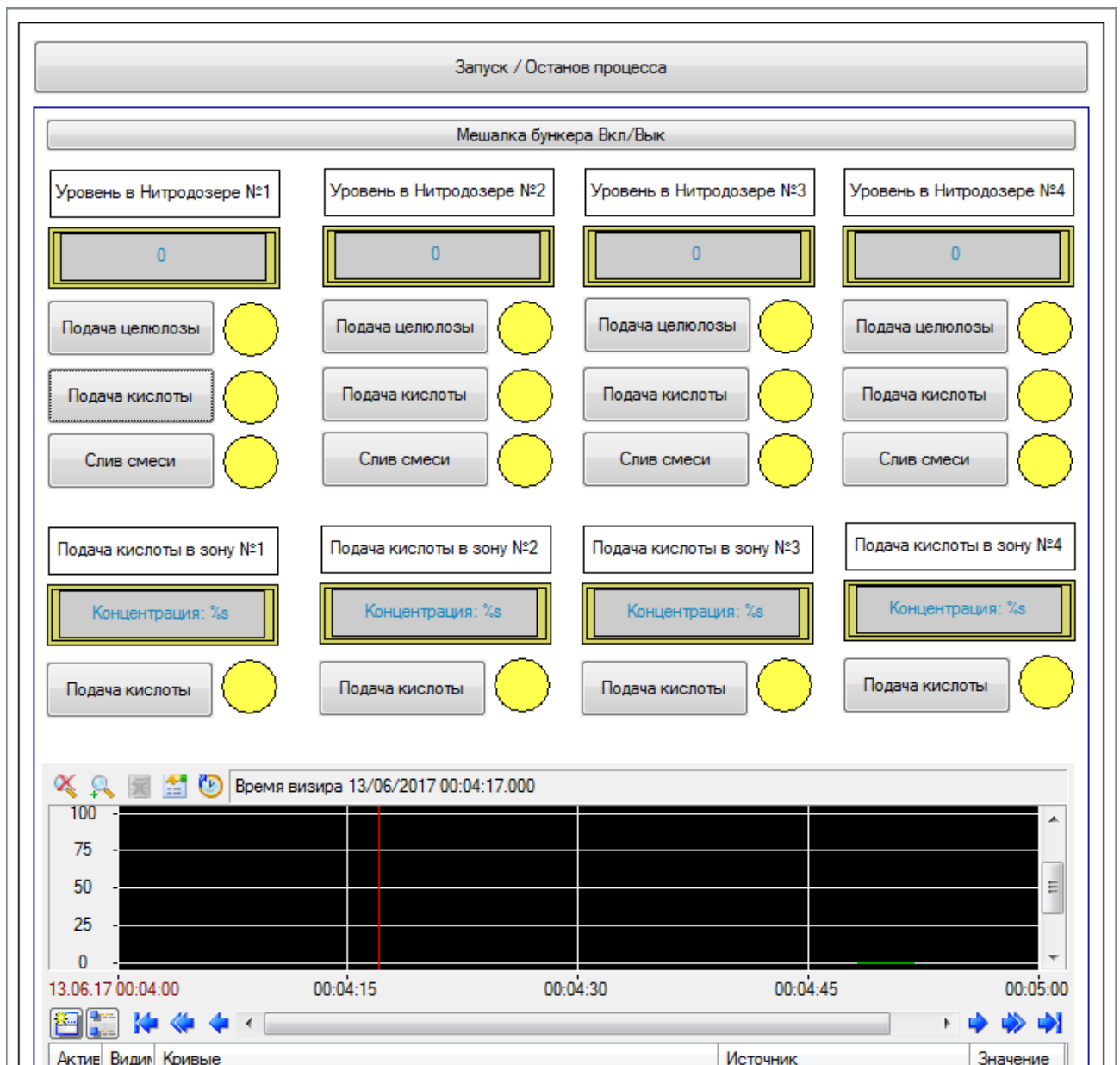


Рисунок 6.4 – Системна панель керування технологічним процесом

6.4 Перевірка роботи системи

Розглянута система управління технологічним процесом базувалася на цілком конкретні апаратні засоби (плата вводу / виводу, виконавчі механізми, сигнали від датчиків). Для перевірки працездатності та ефективності створеного проекту ми вдамося до імітації (моделювання) технологічного об'єкта.

Для імітації АСУТП можна використовувати 2 РС комп'ютера. Перший виконує роль АРМ і імітує АРМ реального об'єкта. На другий комп'ютер встановлено програмне забезпечення, розроблене для контролера і створена програма-імітатор роботи з реальним об'єктом. Зв'язок між комп'ютерами здійснюється через мережу Ethernet.

Блоки множення були введені для отримання параметрів до необхідних значень, і весь процес був прискорений для моделювання.

Технічний процес нітрації целюлози можна розпочати за допомогою кнопки "Старт" на головному екрані АРМ. Коли целюлозу подають у бункер і перемішують, включається бункерна мішалка, а потім кислота завантажується в нітродозери, після чого процес продовжується відповідно до технічного регламенту (див. пункт 1.1).

Після запуску проекту було отримано графічний екран АРМ, який показаний на рисунку 6.5

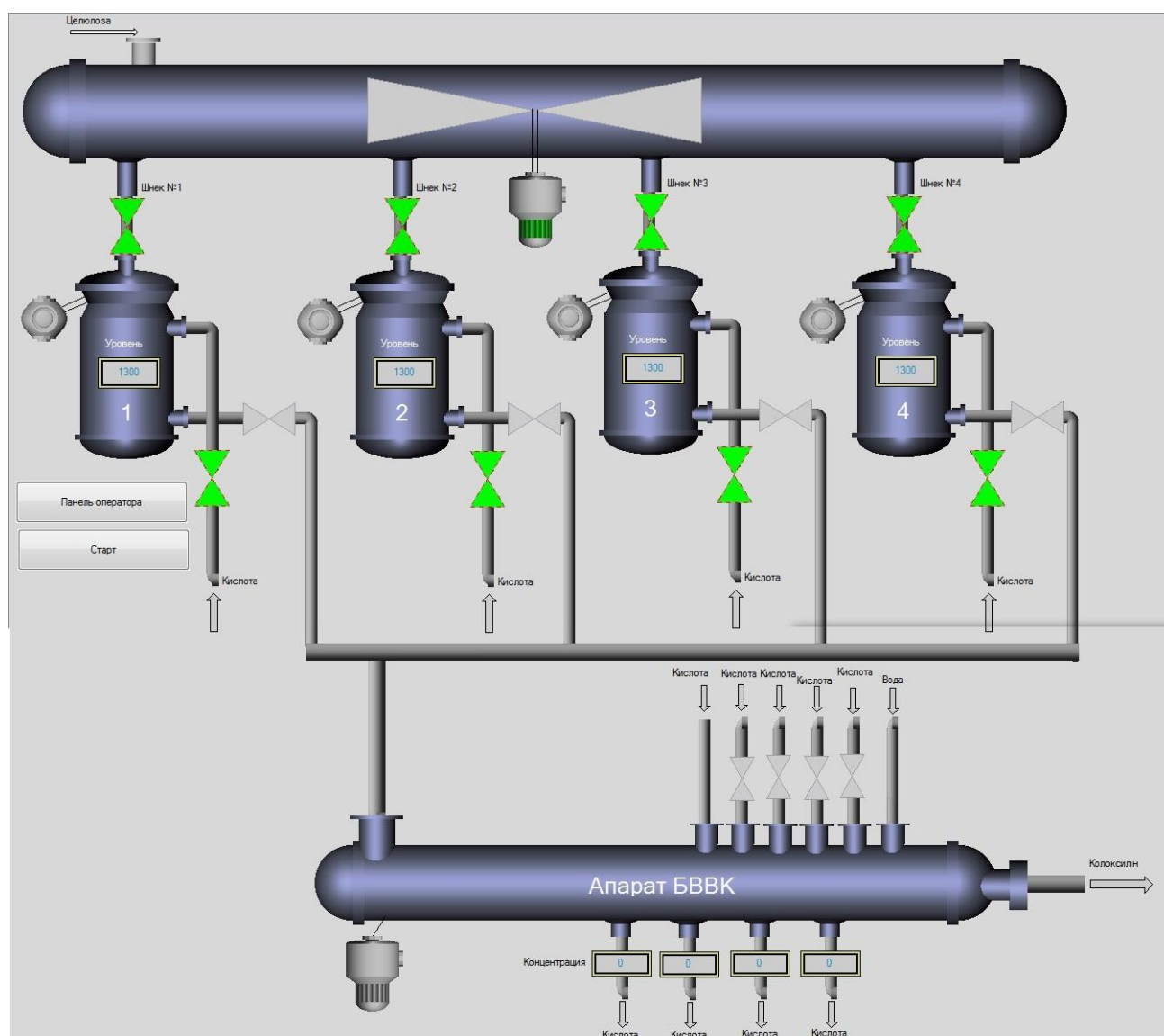


Рисунок 6.5 – Графічний екран АРМ у роботі

На цьому екрані АРМ ми бачимо мнемоніку в дії. Клапани, освітлені зеленим кольором, сигналізують про те, що кислота подається до нітродозера, а шнеки подачі целюлози ввімкнені. Двигун мішалки бункера також працює так, що целюлоза в ньому не злежувалася.

На екранах нітродозерів ми можемо спостерігати поточне значення рівня суміші в них. Коли буде досягнуто значення 2500 мм, усі подачі зупиняться і відбудеться перша стадія нітрування (перший ступінь нітрації).

ВИСНОВОК

На основі завдання була розроблена система управління технологічним процесом нітрації целюлози, розроблено інформаційне, технічне забезпечення та алгоритм роботи системи автоматизації.

Система являє собою 3-х рівневу АСУ ТП.

До складу якої входять:

- датчики, встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні;
- виконавчі органи, які відпрацьовують отримане від контролера вплив;
- контролер, який виконує первинну обробку даних отриманих від датчиків, видає керуючий вплив для регулюючих органів, а так само виступає сполучною ланкою між об'єктом управління і АРМ;
- автоматизоване робоче місце (АРМ) до складу якого входить станція оператора Advantix X з встановленою операційною системою Windows 7, процесором Intel Core i7 і встановленим програмним комплексом TRACE MODE 6.

Був розрахований контур управління концентрацією кислоти після апарату БВБК зони 4. При розрахунках використали два методи: метод незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса) та методом Солодовнікова. Результати за першим не задовольнили умовам, бо перерегулювання σ перевищило задане на 14% і склало 39%. Метод Солодовнікова – складніший у розрахунках, але завдяки йому всі необхідні показники якості були досягнуті.

Використання сучасних методів управління технологічним процесом, а також новітніх технічних засобів автоматизації дозволило впровадити якісно нову технологію управління, що призвело до:

- підвищення якості та обсягу продукції;
- зменшення простою через неполадки;
- збільшення терміну служби обладнання;
- використовувати мінімальну кількість працівників, необхідну для підтримання ТП у робочому стані та усунення аварійних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологічний регламент з виробництва нітроцелюлози.
2. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, С.А. Ключев. -М.: Энергоатомиздат, 1990.- 464 с.
3. Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проєктів / укладачі :
В. Д. Черв'яков, О.Ю. Журавльов, І.В. Щокотова. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 69с.
4. Голубятников В.А., Шувалов В.В., Автоматизация производственных процессов в химической промышленности.- СПб.: Химия, 1985. - 352 с.
5. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б., Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования.-Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.
6. Сольнищев Р.И., Автоматизация проектирования систем автоматического управления - М: Высш. шк., 1991. — 335 с.
7. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проєктів автоматизації. Структурні, функціональні та принципіві схеми / укладач О.Ю. Журавльов. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 48с.
8. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проєктів автоматизації. Схеми з'єднань, підключення, загальні та розміщення / укладач О.Ю. Журавльов. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 28с.
9. Г.В. Голодников, Т.В. Мандельштам. Практикум по органическому синтезу. Учебное пособие. Под ред. проф. К. А. Оглоблина. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. – 376 с.