СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інформаційних технологій та електроніки

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра комп’ютерно-інтегрованих систем управління

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту

освітній ступінь бакалавр

(бакалавр, магістр)

спеціальність

 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_

(назва спеціалізації)

на тему: Розробка КІСУ закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу.

Виконав: студент групи \_АТП-19бд\_ **\_** Р. В. Лісовенко \_\_

( підпис ) (ініціали і прізвище)

Керівник

 **\_\_** Т.Г. Сотнікова

( підпис ) (ініціали і прізвище)

В.о. завідувача кафедри **\_\_**М.Г. Лорія **\_**

( підпис ) (ініціали і прізвище)

Рецензент **\_\_**О.І. Проказа

( підпис ) (ініціали і прізвище)

Київ – 2023р

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет): інформаційних технологій та електроніки\_

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра: комп’ютерно-інтегрованих систем управління

(повна назва кафедри)

Освітній ступінь:

 бакалавр

(бакалавр, магістр)

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Спеціалізація:

(назва спеціалізації)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В.о. завідувача кафедри КІСУ**

 М.Г. Лорія “ ” 2023 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

**Лісовенку Роману Володимировичу**

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Розробка КІСУ закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу.

Керівник роботи:

Сотнікова Тетяна Геннадіївна, к.т.н., доцент , (прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом університету від “05” травня 2023 року №170/15.13\_

1. **Строк подання роботи здобувачем:** 12 червня 2023 року
2. **Вихідні дані до роботи:**
	1. Технологічний регламент виробництва метанолу.
	2. Інструкція оператора автоматизованої системи управління та контролю.
3. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**
	1. Вступ.
	2. Аналіз сучасних принципів автоматизації технологічних процесів хімічних виробництв.
	3. Аналіз технологічного процесу у закріплюючій частині ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу.
	4. Розробка математичних моделей закріплюючої частини ректифікаційної колони.
	5. Синтез одноконтурної системи автоматичного регулювання концентрації конденсату у закріплюючій частині ректифікаційної колони.
	6. Теоретичні дослідження системи автоматичного регулювання.
	7. Розробка мнемосхеми комп’ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ) закріплюючої частини ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу.
	8. Висновки.
4. **Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов’язкових креслень):
	1. Функціональна схеми автоматизації закріплюючої частини ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу.

2

* 1. Математичні моделі закріплюючої частини ректифікаційної колони.
	2. Структурна схема одноконтурної системи автоматичного регулювання.
	3. Графіки перехідних процесів та частотних характеристик системи автоматичного регулювання.
	4. Мнемосхема комп’ютерно-інтегрованої системи управління закріплюючої частини ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу.
	5. Елементи КІСУ закріплюючої частини ректифікаційної колони (вікна, тренди, програми тощо).
1. **Дата видачі завдання:** 8 травня 2023 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № з/п | Назва етапів виконання кваліфікаційної випускної роботи | Строк виконанняетапів | Примітка |
| 1 | Аналіз сучасних принципів автоматизації технологічнихпроцесів хімічних виробництв. | 15.05.23 |  |
| 2. | Аналіз технологічного процесу у закріплюючій частині ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу. | 20.05.23 |  |
| 3. | Розробка математичних моделей закріплюючої частиниректифікаційної колони. | 25.05.23 |  |
| 4. | Синтез одноконтурноїрегулювання. | системи | автоматичного | 04.06.23 |  |
| 5. | Теоретичні дослідженнярегулювання. | системи | автоматичного | 09.06.23 |  |
| 6. | Розробка мнемосхеми комп’ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ) закріплюючої частини ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу. | 10.06.23 |  |
| 7. | Оформлення пояснювальної записки бакалаврськоїдипломної роботи та підготовка презентації. | 12.06.23 |  |

**Здобувач вищої освіти**  Р.В. Лісовенко

( підпис ) (ініціали і прізвище)

**Керівник дипломного проєкту** Т.Г. Сотнікова

(підпис ) (ініціали і прізвище)

3

|  |
| --- |
| **Відомість проекту** |
|  |  |  |  |  | ПД.44.01.ПЗ |
|  |  |  |  |  |
| Изм. | Лист | № документа | Підпис | Дата |
| Розробив | Лісовенко Р.В. |  |  | Розробка комп'ютерно - інтегрованої системи управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу. | Літер | Лист | Листів |
| Перевірив | Сотнікова Т.Г. |  |  |  |  |  |  | 60 |
|  |  |  |  | СНУ ім. В Далягр. АТП-19БД |
| Н.Контр. |  |  |  |
| Затвердив |  |  |  |

а

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№****п/п** | **Позначення** | **Найменування документа** | **Формат** | **Кіл.****аркушів** |
| 1 | ПД.44.01.ПЗ | Пояснювальна записка | А4 | 60 |
| 2 | ПД.44.02.ГЧ | Графічна частина | А4 |  |

|  |
| --- |
| **РЕФЕРАТ**Пояснювальна записка стор.60, 14 рисунків, 3 таблиць, 9 джерел.Ключові слова: ВИРОБНИЦТВО МЕТАНОЛУ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ДИМЕТИЛОВИЙ ЕФІР, ТЕМПЕРАТУРА, ТИСК, РІВЕНЬ, КОНЦЕНТРАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, РЕГУЛЮВАННЯ, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СТРУКТУРНО- ЛОГІЧНА СХЕМА, МНЕМОСХЕМА, СТРУКТУРНА СХЕМА.Об'єктом дослідження є система управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу.Метою дипломного проекту є розробка комп'ютерно - інтегрованої системи управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу.Метод дослідження - теоретичний із застосуванням ЕОМ.У процесі роботи виконаний аналіз процесу управління ректифікаційною колоною як об'єкта керування, розроблена комп'ютерно- інтегрована система управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу, виконаний синтез автоматичної системи регулювання, розроблений технічний проект комп'ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ) закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу, розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. |
|  |  |  |  |  | ПД.44.01.ПЗ |
|  |  |  |  |  |
| Изм. | Лист | № документа | Підпис | Дата |
| Розробив | Лісовенко Р.В. |  |  | Розробка комп'ютерно - інтегрованої системи управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу. | Літер | Лист | Листів |
| Перевірив | Сотнікова Т.Г. |  |  |  |  |  |  | 60 |
|  |  |  |  | СНУ ім. В Далягр. АТП-19БД |
| Н.Контр. |  |  |  |
| Затвердив |  |  |  |

а

|  |
| --- |
| **ЗМІСТ**Вступ 6Розділ 1. Аналіз сучасного стану автоматизації технологічних процесів у виробництві метанолу 9* 1. Аналіз технологічного процесу виробництва метанолу 12
	2. Характеристика продукції 15
	3. Область застосування 22
	4. Опис технологічного процесу 22

Розділ 2.Аналіз технологічного процесу закріплюючої частини ректифікаційної колони диметилового ефіру як об’єкта управління 242.1.Структурно-логічна та функціональна схема ректифікаційної колони диметилового ефіру як об’єкта управління 28Розділ 3. Синтез автоматичної системи регулювання 34* 1. Розробка математичної моделі ТОК 34
	2. Параметричний синтез АСК ТП 44

Розділ 4. Розробка технічного проекту комп’ютерно – інтегрованої системи управління (КІСУ) закріплюючої частини ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу 48* 1. Розробка програмного забезпечення КІСУ ректифікаційною колоною 48
	2. Створення графічного екрану управління ректифікаційною колоною 49
	3. Створення програмних елементів для КІСУ 50
	4. Динамічний режим роботи КІСУ 51
	5. Звіт тривог 52

Висновок 57Список використаної літератури 58 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **ВСТУП**Автоматизація та механізація виробництва у хімічній промисловості є надзвичайно важливими, оскільки хіміко-технологічні процеси відрізняються складністю, великою швидкістю і чутливістю до відхилень, а також мають негативний вплив на навколишнє середовище та можуть створювати небезпеку в робочих умовах. Одним із проблем автоматизації хімічної промисловості є недостатня інформація про складні технологічні процеси та важкість аналізу наявних даних для оптимізації роботи підприємства. Сучасна автоматизація допомагає вирішувати ці проблеми, забезпечуючи підвищення безпеки праці, захисту довкілля та контролю якості продукції. Вона також сприяє зниженню вартості виробництва та підвищенню ефективності підприємств хімічної промисловості. Системи автоматизованого управління технологічними процесами (АСУ ТП) використовуються для прийняття управлінських рішень на основі виробничих даних.Метою даного проекту є розробка комп'ютерно-інтегрованої системи управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони деметилового ефіру у процесі виробництва метанолу.Основними завданнями проекту є:* аналіз сучасного стану автоматизації технологічних процесів виробництва метанолу;

аналіз технологічного процесу ректифікаційно Мета даного дипломного проекту полягає в розробці комп'ютерно-інтегрованої системи управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу. Для досягнення цієї мети, необхідно вирішити декілька основних завдань.Спочатку проводиться аналіз сучасного стану автоматизації технологічних процесів виробництва метанолу. Це дозволяє виявити поточні проблеми та недоліки в існуючих системах управління та визначити області для подальшого вдосконалення.Далі проводиться аналіз технологічного процесу ректифікаційної колони демитилового ефіру як об'єкта управління. Цей аналіз включає вивчення особливостей процесу, його параметрів, режимів роботи, а також взаємозв'язків з іншими елементами виробничої лінії.На основі отриманих даних здійснюється синтез автоматичної системи регулювання. Це включає вибір необхідних датчиків, регуляторів, пристроїв вимірювання та керування, а також розробку логіки управління для досягнення заданих параметрів та режимів роботи.Після синтезу проводиться розробка технічного проекту комп'ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ) для управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу. Цей проект включає в себе розробку архітектури системи, вибір необхідного обладнання, розробку програмного забезпечення, налагодження та тестування системи.* Окремим етапом є реалізація розробленої комп'ютерно-інтегрованої системи управління. Це включає встановлення обладнання, підключення датчиків та пристроїв керування, а також програмування логіки управління відповідно до вимог технологічного процесу.
* Після встановлення системи проводиться налагодження та тестування, щоб переконатися в правильному функціонуванні всіх компонентів та коректності роботи системи управління. В цьому процесі можуть виникати різні проблеми, які потребують вирішення шляхом налагодження алгоритмів, налаштування параметрів або заміни окремих елементів системи.
* Після успішного завершення налагодження та тестування комп'ютерно-інтегрованої системи управління ректифікаційною колоною демитилового ефіру, проводиться ввод системи в експлуатацію. Це включає навчання персоналу з використання системи, розробку необхідної документації та запуск системи в робочий режим.
* Після введення системи в експлуатацію проводиться моніторинг та підтримка роботи системи. Це включає постійний контроль параметрів процесу, аналіз роботи системи та вчасне виявлення можливих неполадок або відхилень від заданих параметрів. При необхідності можуть проводитися коригуючі дії для забезпечення нормального функціонування системи.
* Завершальним етапом є оцінка ефективності впровадженої системи управління. Це включає аналіз отриманих результатів, порівняння з попередніми показниками, оцінку економічної ефективності та задоволення вимог замовника.
* В результаті виконання всіх етапів розробки та впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління ректифікаційною колоною демитилового ефіру, очікується досягнення кількох важливих результатів.
* По-перше, система управління допоможе забезпечити автоматизацію та оптимізацію технологічного процесу ректифікації. Вона зможе контролювати та регулювати різні параметри, такі як температура, тиск, рівень реакційної суміші тощо, для досягнення більш точного та ефективного управління процесом.
* По-друге, система забезпечить покращення якості та стабільності виробництва. Вона дозволить зменшити вплив людського фактору на процес, уникнути помилок та недоліків, які можуть виникати при ручному управлінні. Це призведе до однорідності та стабільності в якості отриманого демитилового ефіру.
* По-третє, впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління може привести до підвищення продуктивності та ефективності виробництва. Автоматизоване керування технологічним процесом дозволить скоротити час на виконання операцій, знизити кількість відходів та збільшити загальний вихід продукції.
* Крім того, використання комп'ютерно-інтегрованої системи управління може сприяти збереженню енергії та ресурсів. Оптимізоване керування процесом дозволить ефективніше використовувати енергію та сировинні матеріали, що в свою чергу сприятиме зменшенню витрат та екологічному підходу до виробництва.
* Уведення комп'ютерно-інтегрованої системи управління може також покращити безпеку та надійність процесу виробництва. Система здатна виявляти та реагувати на потенційні небезпеки, автоматично припиняти або коригувати процеси в разі виникнення проблем або відхилень від норми. Це допоможе запобігти аваріям, пожежам або іншим небезпечним ситуаціям та забезпечить безпеку персоналу та обладнання.
* Крім того, впровадження системи управління може сприяти збільшенню моніторингу та збору даних про процес. Завдяки сучасним технологіям сенсорів та зв'язку, система здатна неперервно збирати дані про стан обладнання, якість продукції та інші параметри. Ці дані можуть бути використані для аналізу, оптимізації та планування виробництва, що в свою чергу може привести до зниження витрат та покращення рішень в управлінні.
* Нарешті, впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління може сприяти розвитку та впровадженню нових технологій та інновацій у виробництво. Система може бути легко розширена та модернізована, що дозволить впроваджувати нові методи, процеси та підходи до виробництва. Це сприятиме розвитку підприємства, підвищенню конкурентоспроможності та адаптації до змінних ринкових умов.

Загалом, впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління ректифікаційною колоною демитилового ефіру має потенціал покращити якість, ефективність, безпеку та стабільнність виробництва. Це може стати кроком у напрямку модернізації та автоматизації промислових процесів, що в свою чергу підвищить конкурентоспроможність підприємства.Проте, важливо враховувати деякі аспекти під час впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління. Перш за все, необхідно гарантувати надійність та захищеність системи від потенційних кібератак або витоків конфіденційної інформації. Для цього необхідно використовувати захист даних та мережеву безпеку, а також враховувати рекомендації та стандарти щодо кібербезпеки.Крім того, важливо забезпечити належну підготовку та навчання персоналу, який буде використовувати та управляти системою. Системи управління часто потребують спеціалізованого знання та навичок для ефективного використання. Тому проведення навчання та підтримка персоналу є важливим етапом впровадження такої системи.Крім того, треба зазначити, що впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління може потребувати значних витрат на придбання обладнання, розробку програмного забезпечення та на навчання персоналу. Необхідно провести аналіз вартості та користі від такої системи, щоб оцінити її економічну доцільність та прийняти обґрунтоване рішення.Впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління є складним та відповідальним процесом, який вимагає ретельного планування, аналізу та оцінки. Однак виконання усіх перерахованих кроків можна забезпечити успішне впровадження системи, яке призведе до покращення ефективності та продуктивності підприємства.Додатково, важливим аспектом є постійне вдосконалення та оновлення комп'ютерно-інтегрованої системи управління. Технології швидко розвиваються, і для того, щоб підприємство було конкурентоспроможним, необхідно відстежувати та впроваджувати нові рішення та функціонал, які можуть поліпшити роботу системи та привести до нових можливостей для підприємства.Усі ці аспекти показують, що впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління може бути вигідним для підприємства, сприяючи його розвитку, ефективності та конкурентоспроможності. Однак, враховуючи складність та витрати на такий процес, необхідно провести детальний аналіз та планування перед впровадженням, щоб забезпечити успіх проекту.В кінці-кінців, вибір впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи управління є стратегічним рішенням, яке може суттєво вплинути на діяльність підприємства. Ретельне планування, оцінка користі та витрат, забезпечення надійності та навчання персоналу - це ключові етапи, які допоможуть максимально використати переваги такої системи та досягти успіху у сучасному бізнес-середовищі. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АВТОМАТИЗАЦІЇЇ**Протягом останніх років зростають вимоги до технічного рівня та якості засобів та систем автоматизації. Локальні системи автоматики поступово об'єднуються в системи комплексної автоматизації, створюються автоматизовані системи управління технологічними процесами. Просте програмне управління в багатьох випадках стає недостатнім для досягнення оптимального керування виробничим процесом, тому воно замінюється оптимальним управлінням. Обчислювальні системи, що базуються на сучасних ЕОМ, є основними технічними засобами управління виробничими процесами. У промисловості та будівництві широко використовуються елементи та системи електроавтоматики для управління складними виробничими процесами, які забезпечують якісне та кількісне перетворення сигналів входу та виходу різних засобів та систем автоматизації.Елементи та системи електроавтоматики, такі як датчики первинної інформації та системи автоматичного контролю технологічних параметрів, виконують якісне перетворення сигналів, маючи на вході та виході різні значення величин. Елементи та системи електроавтоматики, наприклад, електронні, напівпровідникові, магнітні та інші підсилювачі та автоматичні регулюючі пристрої, забезпечують кількісне перетворення сигналів, маючи на вході та виході різні значення однієї й тієї ж величини.Крім вищезазначених завдань, автоматизація технологічного процесу також спрямована на зниження витрат, покращення управління ресурсами та оптимізацію робочого часу. Впровадження автоматизованих систем дозволяє забезпечити більш точний контроль за виробничими параметрами, зменшити ймовірність помилок та збільшити швидкість реакції на зміни у процесі.Застосування сучасних засобів автоматизації, таких як датчики, контролери, програмовані логічні контролери (ПЛК) та інші, дозволяє збирати дані про стан обладнання та процесів у режимі реального часу. Ці дані можуть бути використані для аналізу продуктивності, виявлення аномалій та прийняття рішень щодо оптимізації роботи системи.Одним з важливих аспектів автоматизації є інтеграція різних систем у єдину автоматизовану систему управління. Це дозволяє забезпечити взаємодію між різними компонентами, оптимізувати обмін даними та забезпечити цілісність управління процесами.Напрямки розвитку автоматизації включають в себе впровадження інтелектуальних систем, використання штучного інтелекту, машинного навчання та інших сучасних технологій. Це дозволяє досягти більш високого рівня автоматизації, забезпечити самоорганізацію та самоадаптацію системи до змінних умов, а також покращити передбачуваність та точність управління.Узагальнюючи, автоматизація технологічного процесу є важливим напрямком розвитку сучасних виробництв.Вона дозволяє підвищити ефективність виробництва, знизити витрати, покращити якість продукції та забезпечити більш гнучкий та швидкий реагування на зміни на ринку.Одним з переваг автоматизації є підвищення продуктивності праці. Автоматизовані системи здатні виконувати багато монотонних та рутинних завдань, що раніше вимагали людської праці, швидше та точніше. Це дозволяє звільнити працівників від монотонної роботи і зосередитися на більш складних та творчих завданнях, що сприяє підвищенню їх продуктивності та задоволеності роботою.Автоматизація також сприяє покращенню якості продукції. Вона дозволяє забезпечити стабільність технологічних процесів, усунути людські помилки та знизити ризик виникнення дефектів. Автоматизовані системи можуть контролювати параметри виробництва з високою точністю і вчасно реагувати на будь-які відхилення, що сприяє підвищенню якості кінцевого продукту.Завдяки автоматизації також можлива зниження витрат на виробництво. Оптимізовані процеси, ефективне використання ресурсів та зменшення відходів дозволяють знизити витрати на енергію, сировину та робочу силу. Крім того, автоматизація дозволяє забезпечити економію часу шляхом скорочення часу циклу виробництва та прискорення процесів.Загалом, автоматизація технологічного процесу має великий потенціал для поліпшенняефективності підприємств і їх конкурентоспроможності. Вона дозволяє підприємствам швидше адаптуватися до змін на ринку і задовольняти зростаючі вимоги споживачів.Завдяки автоматизації, підприємства можуть здійснювати більш точне та надійне планування виробництва. Автоматизовані системи збирають та аналізують велику кількість даних про попит, запаси сировини, процеси виробництва та інші фактори, що дозволяє зробити прогнози та оптимально розподілити ресурси. Це забезпечує ефективне управління підприємством і дозволяє підприємствам реагувати на зміни в реальному часі, уникати зайвих запасів і забезпечувати своєчасну поставку продукції.Автоматизація також допомагає зменшити вплив людського фактору на виробництво. Людські помилки, втома та інші негативні аспекти можуть призвести до зниження якості та ефективності виробництва. Застосування автоматизованих систем дозволяє мінімізувати ризик помилок, збільшує точність та стабільність процесів. Крім того, автоматизація може бути особливо корисною в умовах, коли потрібно дотримуватися високих стандартів якості та безпеки.Однак, варто враховувати, що автоматизація не повинна бути розглянута як заміна людей. Вона має використовуватися як інструмент для поліпшення роботи та сприяння прогресу. Важливо забезпечити підтримку та перекваліфікацію працівників, щоб вони могли адаптуватися до змін і використовувати автоматизовані системи на користь підприємства. Це може включати навчання персоналу новим навичкам, які будуть потрібні для ефективного використання автоматизації, а також створення умов для створення нових ролей та роботи, пов'язаної з управлінням та підтримкою автоматизованих систем.Крім того, важливо зберігати людський елемент у виробництві, особливо там, де потрібна творчість, інтуїція та міжособистісні навички. Люди мають унікальні здібності до інноваційного мислення, проблемного розв'язання та спілкування, які не можуть бути повністю заміщені автоматизованими системами. Тому, враховуючи переваги автоматизації, важливо знайти баланс між використанням технологій та збереженням людського фактору.Загалом, автоматизація має значний потенціал для підвищення ефективності та конкурентоспроможності підприємств. Вона допомагає забезпечити точне планування, знизити ризик помилок та збільшити якість продукції. Однак, використання автоматизації повинно бути узгоджене зі змінами в організаційній культурі та перекваліфікацією персоналу, щоб забезпечити успішне впровадження та використання автоматизованих систем на підприємстві.Крім впровадження автоматизації на підприємстві, також важливо враховувати етичні аспекти цього процесу. Завдяки автоматизації можуть виникати етичні проблеми, пов'язані з використанням роботів та штучного інтелекту. Наприклад, питання про використання роботів в окремих сферах, які можуть заміняти роботу людей, можуть виникати дискусії щодо втрати робочих місць і соціального впливу на спільноту.Також, існує потреба у розробці нормативних актів та стандартів, які регулюють використання автоматизації в різних сферах діяльності. Це допоможе забезпечити безпеку, захист приватності та уникнення можливих негативних наслідків, пов'язаних з недостатньою регуляцією в цій галузі.Загалом, впровадження автоматизації на підприємствах є складним і багатогранним процесом, який потребує збалансованого підходу. І хоча автоматизація може принести численні переваги, важливо розуміти, що вона не є універсальним рішенням для всіх ситуацій і може мати свої обмеження. Стратегічне планування, аналіз впливу і врахування людського фактору допоможуть досягти успішного впровадження автоматизації на підприємстві.Оптимізація технологічних процесів за допомогою автоматизації реалізується через використання сучасних методів та засобів автоматизації. Це дозволяє створити основу для впровадження систем управління виробництвом та підприємством.У залежності від характеру процесів, автоматизацію можна класифікувати на такі види:1. Автоматизація безперервних технологічних процесів (Process Automation): це впровадження автоматизації в процеси, які відбуваються без перерви, наприклад, у хімічній або нафтопереробній промисловості. Вона полягає у використанні автоматичних систем контролю, регулювання та моніторингу, щоб забезпечити надійну та ефективну роботу процесів.
2. Автоматизація дискретних технологічних процесів (Factory Automation): цей тип автоматизації використовується в виробництвах, де процеси розділяються на окремі етапи з дискретними діями. Наприклад, в машинобудуванні або автомобільній промисловості. Тут застосовуються роботи, автоматизовані лінії виробництва, системи керування, які забезпечують виконання конкретних завдань і оптимізацію продуктивності.
3. Автоматизація гібридних технологічних процесів (Hybrid Automation): це поєднання безперервних та дискретних технологічних процесів. Наприклад, в промисловості харчових продуктів або фармацевтичній галузі.

Автоматизація виробництва передбачає наявність надійних, простих у влаштуванні та управлінні машин, механізмів і апаратів. Це дозволяє забезпечити ефективне функціонування виробничих процесів, знизити витрати на робочу силу, поліпшити якість продукції та зменшити ризик виникнення помилок.Завдяки автоматизації технологічних процесів, підприємства можуть досягти таких переваг:1. Підвищення продуктивності: Автоматизація дозволяє виконувати задачі швидше та ефективніше. Автоматичні системи здатні працювати без перерви та виконувати повторювані дії з високою точністю та швидкістю, що сприяє підвищенню загальної продуктивності виробництва.
2. Зменшення витрат: Автоматизація дозволяє знизити витрати на робочу силу, оскільки багато рутинних та монотонних завдань можуть бути виконані автоматично. Крім того, автоматизовані системи контролю дозволяють ефективно використовувати ресурси, уникати втрат та знижувати витрати на енергію та матеріали.
3. Покращення якості: Автоматизація дозволяє забезпечити стабільність та однорідність у виробничих процесах, що веде до покращення якості продукції. Автоматичні системи контролю та моніторингу дозволяють виявляти відхилення в процесі виробництва та вживати вчасні заходи для їх усунення.

Зниження ризику та підвищення безпеки: Автоматизація може допомогти зменшити ризик виникнення нещасних випад ків та випадків людської помилки. Автоматичні системи можуть виявляти потенційно небезпечні ситуації та вживати заходи для їх попередження. Таким чином, автоматизація сприяє підвищенню безпеки працівників і запобігає можливим аваріям.1. Підвищення гнучкості та адаптивності: Автоматизовані системи можуть бути легко налаштовані та перепрограмовані для виконання різних завдань і зміни виробничих потреб. Це дозволяє підприємствам швидко адаптуватися до змін у попиті, впроваджувати нові продукти та технології, а також забезпечувати індивідуальний підхід до клієнтів.

Узагальнюючи, автоматизація технологічних процесів є необхідною складовою сучасного виробництва. Вона сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат, покращенню якості, зниженню ризику та підвищенню безпеки, а також забезпечує гнучкість та адаптивність підприємства. Впровадження сучасних методів та засобів автоматизації відкриває нові можливості для ефективного управління виробництвом та підприємством у сучасному конкурентному середовищі.* 1. **Аналіз технологічного процесу виробництва метанолу**

Метанол, який є одним з найважливіших органічних продуктів, випускається промисловістю великими масштабами. Його отримання було відкрите в 1661 році в деревному спирті, але його хімічну формулу встановлено лише в 1834 році. Способи виробництва метанолу можуть варіюватися, включаючи суху перегонку деревини, розкладання форміатів, гідрування метилформіату, обмилення метилхлориду, каталітичне неповне окислення метану, каталітичне гідрування окису і двоокису вуглецю.Спочатку виробництво метанолу використовувало суху перегонку деревини. Однак через технічні і економічні обмеження цей метод втратив промислове значення. Натомість було розроблено синтетичний спосіб отримання метанолу з використанням окису вуглецю і водню на каталізаторі з цинку та хрому. Цей процес був запроваджений в промисловому масштабі в 1923 році і піддавався подальшому вдосконаленню.В Україні розвиток виробництва метанолу розпочався в 1934 році на хімічному комбінаті у Новомосковську, де щодня вироблялося близько 30 тонн метанолу з використанням водяно У початковій стадії виробництва метанолу використовувався водяний газ, отриманий газифікацією коксу. Проте, в даний час основна кількість метанолу виробляється на основі природного газу. Процес синтезу метанолу здійснюється при певному тиску і температурі.Виробництво метанолу зазнавало значного зростання, перевищуючи темпи росту багатьох інших хімічних продуктів. Це досягалося шляхом інтенсифікації процесу, розширення і будівництва нових виробництв. З метою збільшення виробництва в майбутньому планується будівництво великих установок з використанням нових каталізаторів, що дозволять проводити процес при низькому тиску. Крім того, розвиток виробництва метанолу сприяє росту його застосування у різних галузях.Метанол використовується як сировина для отримання інших продуктів, таких як формальдегід, синтетичний каучук, метиламін, диметилтерефталат, метилметакрилат, пентаеритрит і уротропін. Він також застосовується у виробництві фотоплівки, амінів, полівінілхлоридних, карбамідних і іонообмінних смол, барвників і напівпродуктів. Багато хімічних сполук отримують з метанолу, включаючи хлорофос, карбофос, хлористий і бромистий метил, а також різні ацетали.Підприємства, які займаються виробництвом метанолу, розташовані в різних районах країни і використовують різні види сировини. Найбільш економічним способом отримання метанолу є використання природного газу. Це сприяє зниженню витрат на виробництво і забезпечує більш доступну ціну для споживачів.Незважаючи на досягнуті успіхи, промислове виробництво метанолу продовжує покращуватися. Досліджуються нові активні та селективні каталізатори, вдосконалюються методи отримання і підготовки сировини, а також оптимізується апаратурне оформлення процесу. Особлива увага приділяється ефективному використанню тепла, що виділяється під час синтезу метанолу.Технологічні схеми на основі передової техніки розробляються для побудови великих автономних установок з низькотемпературними каталізаторами, які не потребують зовнішнього енергопостачання для здійснення процесу. У світовій практиці вже є приклади використання великих установок, які працюють при високому тиску.Загалом, розвиток виробництва метанолу є актуальним завданням, оскільки його застосування постійно зростає. Забезпечення ефективного виробництва метанолу має велике значення для хімічної промисловості та інших галузей, які використовують його як сировину. Подальші наукові дослідження та технологічні вдосконалення допоможуть забезпечити стабільне та економічно вигідне виробництво метанолу.Відновлювані джерела енергії, такі як вітро- та сонячна енергія, також грають важливу роль у розвитку виробництва метанолу. Застосування зеленої енергії для генерації електроенергії, яка потім використовується в процесі виробництва метанолу, сприяє зменшенню викидів вуглекислого газу та залежності від традиційних джерел енергії.Крім того, важливо звернути увагу на екологічні аспекти виробництва метанолу. Вдосконалення технологій очищення та переробки відходів та викидів в процесі виробництва метанолу допоможе зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.Крім виробництва, також важливо активно працювати над розвитком і впровадженням нових застосувань метанолу. Використання метанолу як альтернативного палива в автомобільній і транспортній галузях, а також в енергетиці, може допомогти зменшити використання нафти і скоротити викиди шкідливих речовин.У подальшому, важливо сприяти співпраці між науковими установами, промисловими компаніями та урядовими органами для спільного вирішення технологічних, екологічних та економічних викликів, пов'язаних з виробництвом метанолу.Загалом, розвиток виробництва метанолу потребує комплексного підходу, який включає вдосконалення технологій, використання відновлюваних джерел енергії та збалансований підхід до екологічних аспектів. Це дозволить забезпечити стале зростання виробництва метанолу, забезпечуючи потреби ринку і сприяючи економічному розвитку. Одночасно, це також допоможе зменшити негативний вплив на довкілля та сприятиме перехіду до більш сталого та екологічно чистого енергетичного сектору.Продовжуючи розвиток технологій виробництва метанолу, ми можемо очікувати подальше зниження витрат на його виробництво, покращення якості продукції та розширення його застосувань у різних галузях промисловості. Виробництво метанолу може стати одним з ключових елементів переходу до більш сталої та зеленої економіки, забезпечуючи енергетичну безпеку, зменшуючи залежність від вуглеводневих палив і сприяючи зниженню викидів парникових газів.Продовження інвестицій у дослідження і розвиток виробництва метанолу, сприяння інноваціям та співпраці між різними секторами і зацікавленими сторонами дозволять забезпечити стабільний розвиток цієї промисловості і зробити її ще більш конкурентоспроможною та екологічно сталою.В цілому, виробництво метанолу має великий потенціал для подальшого росту і розвитку. Забезпечення сталого виробництва метанолу, зменшення впливу на довкілля та розширення його застосувань у різних сферах є ключовими завданнями для подальшого просування цієї важливої хімічної речовини. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **1.2 Характеристика продукції**Готовими продуктами відділення ректифікації є метанол-ректифікат і метанол-сирець. Метанол-ректифікатТорговельне найменування метанолу-ректифікату «Метанол- технічний»Хімічна формула СН3ОН.Метанол-ректифікат повинен відповідати ДСТУ 3057 (ГОСТ 2222-9 Вимоги ДСТУ 3057-95 (ГОСТ 2222-95) |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Таблиця 1.1 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Найменування показника** | **Норма для марок** | **Метод аналізу** |
| **А ОКП****2421110130** | **Б ОКП****2421110140** |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Зовнішній | вигляд | Безбарвна прозора рідинабез нерозчинних домішок | по 6.3 |
| 2 Густина при 20 оС, г/см3 | 0,791-0,792 | по 6.4 |
| 3 Зміщуваність з водою | Змішується з водою слідів помутнінняопалесценції | без та | по 6.5 |
| 4 Температурні межі:а) межа кипіння, ° С,б) 99% продукту переганяється в межах, С, не більш | 64,0 –65,5 | по 25742.1 | ГОСТ |
| 0,8 | 1,0 |
| 5 Масова частка води,%, не більше | 0,05 | 0,08 | по 6.6 |
| 6 Масова кислот в мурашинубільше | частка вільних перерахунку на кислоту,%, не | 0,0015 | по 25742.2 | ГОСТ |

|  |
| --- |
|  |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 7 Масова частка альдегідів і кетонів у перерахунку на ацетон,%,не більше | 0,003 | 0,008 | по 6.7 |
|  |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8 Масова частка летючих сполук заліза в перерахунку на залізо,%,не більше | 0,00001 | 0,0005 | по ГОСТ 25742.8 |
| 9 Випробування з перманганатом калію, хв., Неменше | 60 | 30 | по ГОСТ 25742.3 |
| 10 Масова частка аміаку і аминосоединений в перерахунку на аміак,%, небільше | 0,00001 | не нормується | по ГОСТ 25247.7 |
| 11 Массова доля хлора, %, не більше | 0,0001 | 0,001 | по ГОСТ 25742.6 |
| 12 Массова доля серы, %, не більше | 0,0001 | 0,001 | по ГОСТ 25742.3 |
| 13 Масова частка нелетких залишку післявипарювання,%, не більше | 0,001 | 0,002 | по 6.8 |

|  |
| --- |
| Примітки:* вимоги до метанолу призначеному для експорту, повинні відповідати вимогам контракту постачальника з іноземним покупцем;
* показник 14 визначають в продукті для електровакуумної промисловості;

-Показники 1-3, 6, 8, 10-15 визначають за вимогою споживача.Основні властивості і константи метанолу-ректифікатуТаблиця 1.2 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 14 Питома електропровідність, Ом / м, небільше | 3 10-5 | - | по 6.9 |
| 15 Масова частка етилового спирту,%, не більше | 0,01 | - | по ГОСТ 25742.4 |
| 16 Кольоровість по платино-кобальто-вої шкалою, одиниці Хазена, не більше | 5 | - | по 6.10 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назва, властивості (константи) і одиницівиміру | Значення фізичної величини | Джерело інформації |
| 1 | 2 | 3 |
| Відносна | молекулярна | 32,04 | Хімічний енциклопедичний словник.Під редакцією І.Л.КнунянцМ., «Радянська |
| маса |  |  |
| Густинаь, кг/м3 | 791-792 |
| (г/см3) | (0,791-0,792) |
| Температура кипіння, 0С | 64,5 |
| Температура замерзання, | минус 97,8 |

|  |
| --- |
|  |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 0С |  | енциклопедія», 1983 |
| Динамічна в'язкість при 200С, Па  с(дин  с / см2 ) | 581 (0,581 | 106· 10-2) | Технологія синтетичного метанолу, М.М.Караваев і ін, М.,Хімія, 1984 р |
| Щільність парів повітрям, кг/м3 | 1,103 | Вогнестійкість і засоби їх гасіння. Під редакцією Баратова М.,«Хімія», 1990. |
| Продовження таблиці 2.3 |
| 1 | 2 | 3 |
| Критичний тиск, Па | 78,67  105 | Коротка енциклопедія | хімічна |
| Критична температура, 0С | 240 |
| Теплопровідність при 200С | 0,202 | Довідник хіміка |
| Вт /м  К | (0,483  10-3) |  |
| (Ккал/смсград) |  |  |
| Питома теплоємність при | 2,512103 |  |
| 200С , Дж/кгК | (0,6) |  |
| (ккал / г  град) |  |  |
| Поверхневий | натяг | при | 22,55 10-3 |  |
| 200С н/м |  |  | (22,55) |  |
| (дин/см) |  |  |  |  |
| Діелектрична постійна | 32,65 |  |
| Питомий електричний |  |  |
| опір, Ом  м | 4,5  106 |  |
| Зовнішній вигляд | Безбарвна | прозора |  |

|  |
| --- |
| Примітка:* константи і властивості по метанолу взяті з «Довідника хіміка», довідника

«Пожежна небезпека речовин і матеріалів», «Хімічної енциклопедії»;* властивості, що характеризують пожежо - вибухонебезпечність і токсичність метанолу, наводяться в розділі «Основні правила безпечної експлуатації виробництва».

Метанол-сирецьТехнічне найменування продукту-метанол-сирець. Як товарного продукту згідно ТУ 113-05-323-77 з ізм.1,2,3,4,5 «Метанол-отрута сирець» можуть бути використані напівпродукти і побічні продукти виробництва метанолу-ректифікату (предгони і бічні відбори ректифікації, їх суміші) Товарний метанол-сирець повинен відповідати вимогам ТУ 113-05-323-77 з ізм.1,2,3,4,5 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | рідина | без |  |
| нерозчинних |  |
| домішок |  |
| Розчинність | У воді розчинний |
|  | необмежено, добре в |
|  | етанолі, ефірі і |
|  | багатьох інших |
|  | органічних |
|  | речовинах |

|  |
| --- |
| Таблиця 1.3Основні властивості і константи метанолу-сирцюТаблиця 1.4 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Найменування показника** | **Норма** | **Метод****Випробування** |
| 1 Зовнішній вигляд | Безбарвна або злегка забарвлена рідина без механічнихдомішок | По 6.3 |
| 2 Густина 420, г/см3, не більше | 0,818 | По 6.4 |
| 3 Масова доля воды, %, не більше | 9,0 | По 6.5 |
| 4 Масова доля органічної частини,%, не менше | 91,0 | По 6.6 |
| 5 рН (среда), не менше | 7,0 | По 6.7 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назва, властивості (константи) і одиницівиміру | Значення фізичної величини | Джерело інформації |
| 1 | 2 | 3 |
| Відносна молекулярна маса | 32,04 | ТУ 113-05-323-77с изм.1,2,3,4,5 |
| Щільність, кг / м3, не більше(Г / см3), небільше | 818(0,818) |
| Температура спалаху, 0С | 6 |

|  |
| --- |
| **1.3 Область застосування**Метанол технічний застосовується для отримання:* формальдегіду і фенолформальдегідних смол, іметилтерефталату, метилметакрилату, пентаеритриту, синтетичного изопренового каучуку, фторофоса, фталофоса, карбофоса, хлористого і бромистого метилу, різних ацеталей, уротропіну, оцтової кислоти т інших продуктів;
* застосовується при виготовленні:

хіміко-фармацевтичних препаратів і органічних барвників, штучного шовку, напівпровідників в електронній промисловості;* споживається в газовій промисловості для розчинення відкладень в трубопроводах, в харчовій промисловості для екстракції органічних речовин, отримання антифризів, як моторне паливо в суміші з бензином.

Правовий захист Метанол не підлягає патентної перевірці на чистоту. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура займання, 0С | 13 |  |
| Температура самозаймання, |  |
| 0С | 440 |
| Температурні | межі |  |
| поширення |  |  |
| полум'я:нижній,0С |  | 5 |
| верхній,0С |  | 39 |
| Концентраційні межі |  |
| поширення полум'я,% (об) | 6,98-35,5 |
| Зовнішній вигляд | Безбарвна прозора |
|  | рідина без |
|  | нерозчинних домішок |

|  |
| --- |
| Технологічний процес отримання метанолу патентного захисту не має. Метанол-ректифікат, як товарний продукт, є патентно чистий.**1.4. Опис технологічного процесу**Метанол-сирець містить деяку кількість домішок, наявність яких повязана з недостатньою селективністю каталізатора, параметрами процесу синтезу та присутністю в газі різних речовин. Для очищення метанолу-сирцю використовують ректифікацію, адсорбцію, а також хімічне очищення. Основну роль у процесі очищення відіграє ректифікація. Адсорбція та хімічне очищення доповнюють її. Для очищення метанолу-сирцю використовується азеотропна ректифікація, яка полягає в тому, що з метою підвищення тиску низькокипячих компонентів і сприяє розваленню азеотропних сумішей, які створюються в колоні, уводиться вода. Її вміст у метанолі-сирцю повинен складати в межах 14-15%. Для підвищення ефективності очищення в метанол-сирецю уводиться луг (розчин *NaOH* ), який омилює складні ефіри в кубі колони та нейтралізує органічні кислоти.Ректифікацію метанолу-сирцю можна проводити як періодично, так і неперервно. Установка неперервної ректифікації метанолу-сирцю, як правило, складається з 2-х або 3-х колон, на яких спочатку відводять низькоктпячі компоненти, а потім висококипячі. Проміжні фракції відбирають з відповідних тарілок колони і з куба, а далі їх переробляють в окремих колонах.Більшість виробництв метанолу, які працюють при тиску 30 МПа, мають схеми ректифікації метанолу-сирцю, котрі включають такі чотири етапи: вилучення диметилового ефіру, попередня ректифікація, очищення хімічними методами (звичайно перманганатне очищення) та основну ректифікацію.Перед подачею на вхід колони вилучення диметилового ефіру *КВЕ* метанол-сирець змішується з 7-8%-им лужним розчином *NaOH* у співвідношенні 1 : 0,005. Співвідношення цих потоків стабілізується |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| регулятором 47 за рахунок зміни витрати розчину лугу регулюючим органом48. Далі розчин метанолу-сирцю підігрівають у теплообміннику То1 до 1250С. Температура метанол-сирцю на вході в колону КВЕ стабілізується регулятором 1 за рахунок зміни витрати гріючої пари (іноді парового конденсату) регулюючим органом 2. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАКРІПЛЮЮЧОЇ ЧАСТИНИ РЕКТИФІКАЦІЙНОЙНОЇ КОЛОНИ****ДЕМИТИЛОВОГО ЕФІРУ У ВИРОБНИЦТВІ МЕТАНОЛУ ЯК ОБ’ЄКТА УПРАВЛІННЯ**Метанол (метиловий спирт) є одним з найважливіших за значенням і масштабами виробництва органічним продуктом. Метанол є сировиною для отримання таких продуктів як формальдегід, синтетичний каучук, метиламін, а також диметилтерефталат, метилметакрилат, Пентаеритрит, уротропін тощо.Метанол містить деяку кількість домішок, наявність яких пов'язана з недостатньою селективністю, параметрами процесу синтезу і присутністю в газі різних речовин. Для очищення метанолу використовують ректифікацію, а також хімічне очищення. Основну роль в процесі очищення грає ректифікація і хімічне очищення доповнюють її. Для очищення метанолу використовується азеотропная ректифікація, яка полягає в тому, що з метою підвищення тиску низкокипящих компонентів і сприяє розвалу азеотропних сумішей, які створюються в колоні, вводиться вода. Її зміст в метанолі має становити в межах 14-15%. Для підвищення ефективності очищення в метанол, який омилівают складні ефіри в кубі колони і нейтралізує органічні кислоти.Ректифікацію метанолу можна проводити як періодично, так і безперервно. Установка безперервної ректифікації метанолу, як правило, складається з 2-х або 3-х колон, на яких спочатку відводять нізькоктпячі компоненти, а потім вісококіпячі. Проміжні фракції відбирають з відповідних тарілок колони і з куба, а далі їх переробляють в окремих колонах.Більшість виробництв метанолу, що працюють при тиску 30 МПа, мають схеми ректифікації метанолу, які включають наступні чотири етапи: видалення диметилового ефіру, попередня ректифікація, очищення хімічними методами. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Ректифікація - процес поділу рідин, заснований на різниці температур їх кипіння і характеризується багаторазовим випаровуванням і конденсацією. Цей процес відбувається в апараті колонного типу, який називається ректифікаційної колоною.Ректифікаційна колона рис 2.11 - ректифікаційна колона; 2 - кип'ятильник; 3 - дефлегматор; 4 - збірник флегми.Технологічний процес проходить в наступній послідовності:Свіжий розчин (розчин, що потрапляє на ректифікацію) витратою з температурою та з концентрацією ВКК потрапляє на живлючу тарілку ректифікаційної колони 1. Як правило, температура є близькою до температури кипіння свіжого розчину. На тарілках колони відбувається |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| взаємодія розчину із вторинною парою ВКК, що підіймається з нижньої (вичерпної) частини колони. Внаслідок цієї взаємодії НКК із розчину переходить у парову фазу, а ВКК із парової фази в рідку. Умовно ректифікаційну колону можна поділити на дві частини: нижню – вичерпну та верхню – закріплюючу. Цей умовний розподіл відбувається по живлючій тарілці колони.Розчин, що стікає в куб колони, утворює рівень . З кубової частини розчин насосом (на рис. 3.1 не показано) прокачується через кип’ятильник 2. В якості теплоносія, зазвичай, використовується водяна пара. Тепло від теплоносія в кип’ятильнику 2 передається до рідини за рахунок чого забезпечується її кипіння.Процес ректифікації протікає при температурі , яка залежить від концентрації одного з компонентів (який обирається як цільовий) у розчині. Тому на кожній тарілці колони буде своя температура. Причому вона буде зменшуватися з підйомом пари по колоні. Найнижча температура на верхнійтарілці закріплюючої частини, а найвища - в кубі колони. Для зручності розрахунків (враховуючи, що розрахунки мають навчальний характер, а також, що досліджуються динамічні властивості колони, а не її конструктивні особливості) припустимо, що температура у вичерпній частині колони однакова і дорівнює та що температура в закріплюючій частині колони теж однакова і дорівнює . Вторинна пара, що утворюється внаслідок кипіння у вичерпній частині колони утворює в апараті тиск . Вважатимемо, що він є однаковий у вичерпній та в закріплюючій частині колони.Пара НКК відводиться з колони в дефлегматор 3, в якому відбувається повна її конденсація. В якості хладагенту, як правило, використовується холодна вода.Конденсат НКК називається дистилятом. Він збирається в збірнику 4. Зі збірника частина цього конденсату витратою з температурою відводиться на зрошування ректифікаційної колони. Цей потік називається |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| флегмою. Решта – дистилят витратою відводиться до споживача або на наступну стадію технологічного процесу. Відношення називається флегмовим числом.З точки зору аналізу процесу як об’єкта керування ректифікаційна колона є складним об’єктом керування. Для спрощення сприйняття розглядають окремо вичерпну частину та закріплюючу частину колони.До вихідних координат вичерпної частини слід віднести такі параметри: концентрація ВКК в кубовому розчині , температуру в кубі колони , рівень у кубовій частині ректифікаційної колони . На відміну від випарної колони, у вичерпній частині ректифікаційної колони немає можливості регулювати тиск , тому в цьому випадку його доцільно розглядати як збурюючий параметр.В реальних технологічних процесах ректифікаційна установка, як правило, не є першим апаратом технологічної схеми, тому, як правило, немає можливості регулювати зміну витрати свіжого розчину, що потрапляє на ректифікацію. Зміна витрати свіжого розчину впливає на концентрацію ВКК у кубовому розчині. Ця витрата є найбільшим збуренням (навантаженням), що діє на ректифікаційну установку. У тих випадках, коли немає можливості змінювати витрату свіжого розчину, концентрацію ВКК (густину) у кубовому розчині, як правило, тільки контролюють.Температуру у вичерпній частині регулюють зміною витрати теплоносія до кип’ятильника 2. Витрата є вхідною регулюючою координатою.Крім того, до регулюючих координат відносять витрату кубового розчину, за допомогою якої регулюють рівень у вичерпній частині колони .Інші параметри вичерпної частини колони слід віднести до збурюючих координат: температура свіжого розчину, концентрація ВКК у свіжому розчині , тиск гріючої пари. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **2.1 Структурно-логічна та функціональна схема управління закріплюючою частиною ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу**Процес ректифікації відноситься до основних процесів хімічної технології. Показником ефективності є концентрація цільового продукту. Залежно від технологічних властивостей цільовим продуктом може бути як дистилят, так і кубовий залишок. Апаратурно процес ректифікації складається із ректифікаційної колони, кип’ятильника, дефлегматора та теплообмінника для підігрівання свіжого розчину.Ректифікаційна установка – це складний об’єкт керування зі значним часом запізнення та великою кількістю вихідних параметрів, які характеризуються взаємними зв’язками, розподіленістю та лінійною координатою.Вихідні параметри, які підлягають стабілізації:-концентрація Q цільового продукту у закріплюючій або вичерпній частині колони;-температура кипіння Tk кубової рідини і температура Tз парів у закріплюючій частині;-тиск парів P, а також перепад тиску за висотою колони;-рівень L кубового залишку у колоні.Вхідними параметрами будуть: витрати F1 теплоносія, свіжого розчину Fp, флегми Fф, пари із закріплюючої частини Fn, кубового залишку Fk та холодоносія Fx.Збуреннями є зміна витрат вхідних параметрів, концентрації Qp цільового продукту у свіжому розчині, температура Tp свіжого розчину, а також зміни властивостей тепло передаючих поверхонь, зміна температури навколишнього середовища та інші. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Qp Tp Tx TtFp QFтTkFnTзFфPFkLFxРис. 2.2. Інформаційно-логічна схема ректифікаційної колониЗгідно з завданням керівника дипломного проекту було вирішено здійснювати контроль по каналу рівня використовуючи одноконтурну АСР.Структурно-логічна схема об’єкта керування рис 2.3 R- передавальна функцiя П-регулятораВМ- виконавчий механiзм РО- регулюючий орган |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| ТОК- технологiчний об’єкт керуванняД- датчик (вимiрювальний перетворювач)В даному випадку зворотний зв'язок змушує пристрій реагувати на зміну обурення, що робить з пристрою якийсь фільтр, який досить точно передає керуючий вплив і пригнічує обурює. Сигнал, що надходить з виходу на вхід, називають сигналом зворотного зв'язку.Функціональна схема автоматизації є основним проектним документом, який визначає структуру і рівень автоматизації технологічного процесу об'єкта. На функціональній схемі за допомогою умовних графічних позначень вказують технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади і засоби автоматизації та ін. із зазначенням зв'язків між ними, таблиці умовних позначень і необхідних пояснень.Функціональна схема автоматизації графічно поділяється на дві зони. У верхній частині креслення зображується технологічна схема, а в нижній креслять умовні графічні позначення, які умовно зображують: встановлення місцевих приладів, щитів, пультів, пунктів контролю та керування, керуючих машини тощо. Графічні умовні зображення приладів і засобів автоматизації, їх розміри і літерні позначення повинні відповідати ГОСТ 21.404-85.Пристрої і засоби автоматизації показують на функціональних схемах розгорнутим способом, згідно з яким кожний прилад чи блок, який входить в єдиний комплект, показують окремими умовними графічними зображеннями. У верхній частині зображення (кола, овалу) наносять позначення вимірюваної величини та функції, яка виконується приладом в порядку їх розміщення зліва направо. В нижній частині вказують позиційне позначення комплекту вимірювання або його окремих елементів.**2.2 Описання функціональної схеми**Функціональна схема автоматизації ректифікаційної колони наведена на рис. 2.4. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Багаторазове чергування процесів випарювання та конденсації з метою поділу рідинної суміші на чисті компоненти називається ректифікацією. Процес ректифікації відбувається в разі зустрічного руху рідини та пари, причому пара, піднімаючись по колоні, збагачується низькокиплячими компонентами при кожному контакті з рідиною, що стікає.Процес ректифікації належить до основних процесів хімічної технології. Показником його ефективності є склад цільового продукту. Залежно від технологічних властивостей цільовим продуктом може бути як дистилят, так і кубовий залишок. Мета керування – підтримувати концентрацію цільового продукту на заданому рівні.Розглянемо принципи автоматизації процесу ректифікації на прикладі тарілчастої ректифікаційної колони, призначеної для розділення бінарної суміші, яка складається з теплообмінника 1 для підігрівання свіжого розчину, колони 2, дефлегматора 3 і виносного кип’ятильника 4.Ректифікаційна установка - це складний об'єкт керування з великим часом запізнення, великою кількістю параметрів, які характеризують процес, багатьма взаємними зв'язками між ними, розподіленістю параметрів тощо. Збуреннями є зміна початкових параметрів свіжого розчину, тепло-та холодоносіїв, зміна теплопередавання тощо.Оскільки затрати на ректифікацію є однією з найістотніших складових у собівартості продукції, задача автоматизації зводиться до задачі оптимального керування. Залежно від призначення ректифікаційні колони використовують різні критерії оптимальності:* мінімізацію енергозатрат на одержання цільового продукту заданої концентрації при обмеженні на продуктивність цього продукту;
* максимізацію продуктивності за цільовим продуктом при обмеженні на його склад та енергозатрати.

Оскільки свіжий розчин надходить на ректифікаційну колону з попередніх апаратів технологічної лінії, коливання витрати Fp, складу Qp та |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| температури Tp є основними збуреннями в процесі ректифікації. До можливих джерел збурень належать також ентальпія теплоносія (пари) та холодоносія, а також втрати теплоти в навколишнє середовище. Із перелічених збурень стабілізують лише температуру; витрату свіжого розчину, контролюють, як правило, завжди. За наявності автоматичних аналізаторів контролюють також склад цільової речовини в свіжому розчині.Рис.2.4.Функціональна схема автоматизації ректифікаційної колони одноконтурними АСРПозначення регулюючих впливів* витрати теплоносія - FT
* витрати холодоносія – Fx
* витрати дистиляту Fд,
* витрати кубового залишку Fк. ,
* витрати флегми Fф,
* витрати інертних газів Fі.
* Концентрації цільового продукту в дистиляті - Qд
* Концентрація в кубовому залишку - Qк
 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| * рівень останнього - Lк
* рівень флегмової ємності - Lд,
* температура - Ti
* тиск в колоні – P
 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ****3.1 Розробка математичної моделі закріплюючої частини ректифікаційної колони**Диференціальне рівняння нелінійної математичної моделі:*V dQ* + *F Q* = *F * + *F **В dt n B n ф ф* (3.1)Витрати пари дорівнюють витратам, які надходять з кубової частини, та витратам парів флегми, що надходять у колону. Тобто можна записати, що:*F* = *F* + *F* ( *ф* )*n B ф **фп* (3.2)Враховуючи, що *F* = *rFT*  *Fp CpTp* , рівняння (3.3) запишемо у вигляді:*B C T* + *C T**k k p p** V dQ* + ( *rFT*  *Fp CpTp* + *F  RT* )*Q* = *rFT*  *Fp CpTp P* + *F* (3.3)*n B dt C T* + *C T ф ф P C T* + *C T RT ф k k p p k k p p*До змінних параметрів відносяться концентрація Q, витрата теплоносія Fт, свіжого розчину Fp, флегми Fф, температура свіжого розчину Тр, кубового залишку Тк, в закріплюючій частині Т, тиск у верхній частині колони Р.Дамо відхилення змінним параметрам, а після відповідного перетворення знехтуємо складовими малого ступеня важливості, отримаємо математичну модель наступного вигляду: |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| * V d**Q* + ( *rFTО*  *Fpо CpоTpо* + *F  RTо* )*Q* = (1 + * RTо* )*F* + *r*(*Qфо*  *Qo* ) *F* +*n B dt C T* + *C T ф ф P ф P ф C T* + *C T T k kо p pо о о k kо p pо**CpTpо* (*Qo*  *Qфо* ) *F* + *CkTkо Fpо Cp* (*Qфо*  *Qo* ) *T* + (*rFTО*  *Fpо CpоTpо* )*C k* (*Qo*  *Qфо* ) *T* *C T* + *C T P* (*C T* + *C T* ) 2 *P* (*C T* + *C T* ) 2*k kо p pо k kо p pо k kо p pо*(*rFTО*  *Fpо CpоTpо* )*Pо R rFTО*  *Fpо CpоTpо RT*[  *F  Q* ]*T* + [ + *F  о* ]*P* (*C T* + *C T* )*RT* 2 *фo ф P o* (*C T* + *C T* )*RT фo ф P* 2*k kо p pо о о k kо p pо о о*(3.4)Введемо наступні позначення:*y* = *Q y* = *T y* = *P x* = *FФ x* = *FT z* = *Fp z* = *Tp*1 *Q* , 2 *T* , 3 *P* , 1 *F* , 2 *F* , 1 *F* , 2 *T* ,*o o o ФO T O p O po**z* = *Tk*3 *T**ko*Тоді рівняння (3.1) набуде вигляду:**  *dy*1 + *y* = *K x* + *K x* + *K z* + *K z* + *K z* + *K y* + *K y* ,*dt* 1 1 1 2 2 3 1 4 2 5 3 6 2 7 3 (3.5) = ( *rFTО*  *Fpо CpоTpо* + *F  RTо* )*Q* ,1 *фо ф* 0де *C kTkо* + *CpTpо Pо**rF* ( *Po*  *Q* )* V Q F RT TО RT o***  = *n B* 0 , *K* = *фо* (1 + * о* ) , *K* = *o* , 1  *ф P* 2  (*C T* + *C T* )1 1 *о* 1 *k kо p pо**T F C* (*Q*  *Po* )*kо pо p o RT**K* = *o* ,3 (*C T* + *C T* )*k kо p pо* 1*C T F T C* ( *Po*  *Q* ) (*rF*  *F C T* )*C T* (*Q*  *Po* )*k kо pо pо p RT o TО pо pо pо k kо o RT**K* = *o* , *K* = *o* 4  (*C T* + *C T* )2 5  (*C T* + *C T* )21 *k kо p pо* 1 *k kо p pо**K* = (  (*rFTО*  *Fpо CpоTpо* )*Pо* + *F  RTо* ) 1 , *K* = *K* .6 (*C T* + *C T* )*RT фo ф P*  7 6*k kо p pо о о* 1Знайдемо математичну модель для температури закріплюючої частини колони. Враховуючи, що *dqв* + *dqф* = *dqv* + *dqn* + *dqвт* дістаємо: |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| * V C dT* + *F C T* = *r F* + *F C T* , або враховуючи, що *F* = *rFT*  *Fp CpTp**n B n dt B n x x ф ф ф B C T* + *C T* :*k k p p** V C dT* + ( *rFT*  *Fp CpTp* )*C T* = *r F* + *F C T* (3.6)*n B n dt C T* + *C T n x x ф ф ф**k k p p*Змінними параметрами будуть: температура Т, Тк, Тр, Тф, витрати Fx, Fф. Дамо відхилення цим параметрам, а після їх перемноження, знехтування складовими малого ступеня важливості та вилучення рівняння статики отримаємо лінеаризовану модель:* V C d**T* + ( *rFTо*  *Fpо CpTpо* )*C* *T* = *r* *F* + *F C T* + *F C* *T* + *rCnTo* *F* +*nо B n dt C T* + *C T n x x ф ф фо фо ф ф C T* + *C T T**k kо p pо k kо p pо**CnTо CpTpо* *F* + (*rFTо*  *Fpо CpTpо* )*C k CnTо* *T* + *Ck Cn CpTоTkо Fpо* *T* (3.7)*C T* + *C T p* (*C T* + *C T* )2 *k* (*C T* + *C T* )2 *p**k kо p pо k kо p pо k kо p pо*Введемо додаткові позначення: *x* = *Fx z* = *TФ*3 *F* 4 *T**x O* , *ФO* .В результаті маємо:** **** *dy*2 + *y* = *K x* + *K x* + *K x* + *K z* + *K z* + *K z* + *K z**dt* 2 8 1 9 2 10 3 11 1 12 2 13 3 14 4 (3.8)де = *rFTо*  *Fpо CpTpо C T* , ** **** = *nоVBCnTo* , *K* = *Fфo CфTфо* , *K* = *rCnTo FTO*1 *C T* + *C T n o*  8  9 (*C T* + *C T* )*k kо p pо* 2 2 *k kо p pо* 2*K* = *rx Fxo* , *K* = *Fpо CpTpо CnTо* , *K* = *Fpо CpTpо CnTо Ck Tkо* ,10  11 (*C T* + *C T* ) 12 (*C T* + *C T* )2 *k kо p pо* 2 *k kо p pо* 2*K* = (*rFTо*  *Fpо CpTpо* )*CnTo CkTkо* , *K* = *K* .13  (*C T* + *C T* )2 14 82 *k kо p pо*Розглянемо математичну модель для тиску парів у верхній частині колони.Враховуючи, що *V dn* + *F n* = *F* + *F* , ** = *P* , *F* = *rx Fx* , маємо:*B dt n  ф в n RT n C* (*T*  *T* )*ф k x**VB dP* + *rx Fx P* = *F* + *F*  *rx Po* *F* +*RT dt C* (*T*  *T* )*RT B ф  C* (*T*  *T* )*RT x**k x n n k o xo o* (3.9)*rx Po Fxo* *T* + *rx Po Fxo* (2*To*  *Txo* ) *T** C* (*T*  *T* )*RT x  C* (*T*  *T* )2 *RT**n k o xo o n k o xo o* |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Введемо додаткові позначення: *z* = *FВ z* = *Tx*5 *F* , 6 *T* .*ВO x O*Тоді дістанемо:** **** *dy*3 + *y* = *K x* + *K x* + *K z* + *K z* + *K y* (3.10)*dt* 3 15 1 16 3 17 5 18 6 19 2де  = *rx Fxо Ро* ,** **** = *VB Po* , *K* = *Fфо* , *K* = *rx Fxо Ро* ,3 *C* (*T*  *T* )*RT  RT*  15  16 *C* (*T*  *T* )*RT * *k x о n o* 3 3 *k o xo о n* 3*K* = *FBо*17 3*K* = *rx Fxо РоTxо* , *K* = *rx Fxо Ро* (2*To*  *Txo* )18 *C* (*T*  *T* )2 *RT *  19 *C* (*T*  *T* )2 *RT **k o xo о n* 3 *k o xo о n*Рівняння (3.5), (3.8), (3.10) є частковими ММ закріплюючої частини ректифікаційної колони. Із структурно-логічної схеми видно, що концентрація, температура та тиск взаємопов’язані. Отже, для отримання математичної моделі з урахуванням цих параметрів потрібно розв’язати систему рівнянь (3.5), (3.8), (3.10):**  *dy*1 + *y* = *K x* + *K x* + *K z* + *K z* + *K z* + *K y* + *K y* *dt* 1 1 1 2 2 3 1 4 2 5 3 6 2 7 3** **** *dy*2 + *y* = *K x* + *K x* + *K x* + *K z* + *K z* + *K z* + *K z* *dt* 2 8 1 9 2 10 3 11 1 12 2 13 3 14 4** **** *dy*3 + *y* = *K x* + *K x* + *K z* + *K z* + *K y* *dt* 3 15 1 16 3 17 5 18 6 19 2Запишемо рівняння у матричному вигляді.*А* *Y* = *B* , (3.11)де *А* – матриця коефіцієнтів при вихідних координатах (головний визначник системи):** *s* + 1 *K*7 *K*8 *A* =  0 ** *****s* + 1 *K*  14  ; 0 *K* 20 ** *****s* + 1 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| *Y* – матриця вихідних координат:*Y*1 *Y* = *Y*  2  **;***Y*3 *B* – матриця вільних членів (права частина кожного рівняння): *B*1 *B* = *B*  2  ,*B*3 де *B*1 = *K*1 *x*1 + *K*2 *z*1 + *K*3 *z*2 + *K*4 *z*3 + *K*5 *z*4 + *K*6 *z*5 ;*B*2 = *K*9 *x*1 + *K*10 *z*2 + *K*11*z*3 + *K*12 *z*4 + *K*13 *z*5 ;*B*3 = *K*15 *x*1 + *K*16 *z*2 + *K*17 *z*3 + *K*18 *z*4 + *K*19 *z*5 ;Запишемо рівняння у вигляді:** *s* + 1 *K*7 *K*8   *y*1   *B*1  0 ** *****s* + 1 *K*    *y*  = *B*  14   2   2  0 *K* 20 ** *****s* +1  *y*3  *B*3 Визначимо детермінант основної матриці системи:** *s* + 1 *K* 7 *K*8  =  0 ** *****s* + 1 *K*  14  0 *K* 20 ** *****s* + 1 *B*1 *K*7 *K*8 *B * *****s* + 1 *K*  2 14 *y* = *B*3 *K* 20 ** *****s* + 11  |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| ** *s* + 1 *B*1 *K*8  0 *B K*  2 14 *y* =  0 *B*3 ** *****s* + 12 ** *s* + 1 *K*7 *B*1  0 ** *****s* + 1 *B*  2 *y* =  0 *K* 20 *B*3 3 З цього видно, що детермінант, який описується матрицею, становить ні що інше, як ліву частину математичної моделі, яка називається характеристичним рівнянням. Праві частини моделі визначаються чисельником матриць. Знаменник цих матриць один і той же для всіх вихідних параметрів.Отримаємо:(** ** ****** *****s*3 + (** ** **** +** ** **** +** ****** ****)*s*2 + ((1 *K K* )**  +** **** +** ****)*s* + (1 *K K* ))*y* =14 20 14 20 1= (** ****** *****s*2 + (** **** +** ****)*s* +1)*B* + *K* (** *****s* +1)*B* + *K* (** *****s* +1)*B* + *K K B* + *K K B* ;1 7 2 8 3 14 20 1 7 14 3(** ** ****** *****s*3 + (** ** **** +** ** **** +** ****** ****)*s*2 +((1 *K K* )**  +** **** +** ****)*s* + (1 *K K* ))*y* =14 20 14 20 2= (** ** *****s*2 + (**  +** ****)*s* +1)*B* + *K* (** *s* +1)*B*2 14 3(** ** ****** *****s*3 + (** ** **** +** ** **** +** ****** ****)*s*2 +((1 *K K* )**  +** **** +** ****)*s* + (1 *K K* ))*y* =14 20 14 20 2= (** ** *****s*2 + (**  +** **** )*s* +1)*B* + *K* (** *s* +1)*B*3 20 2Позначимо = 1 *K K* ; ** = 1**  +** **** +** **** ; ** = ** ** **** +** ** **** +** ****** **** ; ** = ** ** ****** **** .1 14 20 1  2  3 1 1 1Тоді |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| (* * ) (** ****** *****s*2 + (** **** +** ****)*s* +1)*B* + *K* (** *****s* +1)*B* + *K* (** *****s* +1)*B* + *K K B* + *K K B**s*3 + *s*2 +1 *y* = 1 7 2 8 3 14 20 1 7 14 33 2 1 1(* s* 3 + * s* 2 + 1)*y* = = (** ** *****s* + (**  + ** ****)*s* + 1)*B* + *K* (** *s* + 1)*B*22 14 33 2 2 1(** 3 + ** 2 + ) = (** ** *****s* + (**  + ** **** )*s* + 1)*B* + *K* (** *s* + 1)*B*2*s s* 1 *y* 3 203 2 3 1Знайдемо математичну модель за концентрацією упареного розчину:* d* 3 *y* + * d* 2 *y* + * dy* + =  ** ****** **** *d* 2 *x* + (** **** + ** ****) *dx* +  + 1 1 1 *y* *K*  1 1 *x* 3 *dt* 3 2 *dt* 2 1 *dt* 1  1  *dt* 2 *dt* 1 + ** ****** **** *d* 2 *z* + (** **** + ** ****) *dz* +  + ** ****** **** *d* 2 *z* + (** **** + ** ****) *dz* +  +*K*  1 1 *z*  *K*  2 2 *z* 2  *dt* 2 *dt* 1  3  *dt* 2 *dt* 2  *d* 2 *z dz*   *d* 2 *z dz* + *K* ** ****** ****  3 + (** **** + ** ****) 3 + *z*  + *K* ** ****** ****  4 + (** **** + ** ****) 4 + *z*  +4  *dt* 2 *dt* 3  5  *dt* 2 *dt* 4  *d* 2 *z dz*   *dx*   *dz* + *K* 6 ** ****** **** 2 + (** **** + ** ****) + *z*  + *K K* ** **** + *x*  + *K K* ** **** + *z*  +5 5 1 25 7 9 1 7 10 2 *dt dt*   *dt*   *dt* + *K K* ** **** *dz*3 + *z*  + *K K* ** **** *dz*4 + *z*  + *K K* ** **** *dz*5 + *z*  +7 11  *dt* 3  7 12  *dt* 4  7 13  *dt* 5      + *K K* ** **** *dx*1 + *x*  + *K K* ** **** *dz*2 + *z*  + *K K* ** **** *dz*3 + *z*  + *K K* ** **** *dz*4 + *z*  +8 15  *dt* 1  8 16  *dt* 2  8 17  *dt* 3  8 18  *dt* 4        + *K K* ** **** *dz*5 + *z*   *K K* (*K x* + *K z* + *K z* + *K z* + *K z* + *K z* )+8 19  *dt* 5  14 20 1 1 2 1 3 2 4 3 5 4 6 5 + *K*8 *K* 20 (*K* 9 *x*1 + *K*10 *z*2 + *K*11 *z*3 + *K*12 *z*4 + *K*13 *z*5 ) + *K* 7 *K*14 (*K*15 *x*1 + *K*16 *z*2 + *K*17 *z*3 + *K*18 *z*4 + *K*19 *z*5 )]/ 1Після перетворень отримаємо:* d* 3 *y* + * d* 2 *y* +* dy* + = *K * ****** **** *d* 2 *x* + *K* (** **** + ** ****) *dx* + *K* + 1 1 1 *y* 1 1 1 1 1 *x*3 *dt* 3 2 *dt* 2 1 *dt* 1  *dt* 2  *dt*  11 1 1+ *K * ****** **** *d* 2 *z* + *K* (** **** + ** ****) *dz* + *K* + *K * ****** **** *d* 2 *z* + *K* (** **** + ** ****) *dz* + *K* + 2 1 2 1 2 *z* 3 2 3 2 3 *z* *dt* 2  *dt*  1  *dt* 2  *dt*  21 1 1 1 1 1+ *K * ****** **** *d* 2 *z* + *K* (** **** + ** ****) *dz* + *K* + *K * ****** **** *d* 2 *z* + *K* (** **** + ** ****) *dz* + *K* + 4 3 4 3 4 *z* 5 4 5 4 5 *z* *dt* 2  *dt*  3  *dt* 2  *dt*  41 1 1 1 1 1 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| + *K * ****** **** *d* 2 *z* + *K* (** **** +** ****) *dz* + *K* + *K K * **** *dx* + *K K* + *K K * **** *dz* + 6 5 6 5 6 *z*5 7 9 1 7 9 *x*1 7 10 2 *dt* 2  *dt*   *dt*   *dt*1 1 1 1 1 1+ *K* 7 *K*10 *z* + *K* 7 *K*11 ** **** *dz*3 + *K* 7 *K*11 *z* + *K* 7 *K*12 ** **** *dz*4 + *K* 7 *K*12 *z* + *K* 7 *K*13 ** **** *dz*5 + *K* 7 *K*13 *z* + 2  *dt*  3  *dt*  4  *dt*  5 1 1 1 1 1 1 1+ *K*8 *K*15 ** **** *dx*1 + *K*8 *K*15 *x* + *K*8 *K*16 ** **** *dz*2 + *K*8 *K*16 *z* + *K*8 *K*17 ** **** *dz*3 + *K*8 *K*17 *z* + *dt*  1  *dt*  2  *dt*  31 1 1 1 1 1+ *K*8 *K*18 ** **** *dz*4 + *K*8 *K*18 *z* + *K*8 *K*19 ** **** *dz*5 + *K*8 *K*19 *z*  *dt*  4  *dt*  51 1 1 1– *K*1 *K*14 *K* 20 *x*  *K* 2 *K*14 *K* 20 *z*  *K* 3 *K*14 *K* 20 *z*  *K* 4 *K*14 *K* 20 *z*  *K* 5 *K*14 *K* 20 *z*  *K* 6 *K*14 *K* 20 *z* + 1  1  2  3  4  51 1 1 1 1 1+ *K* 8 *K* 9 *K* 20 *x*  *K*8 *K*10 *K* 20 *z*  *K*8 *K*11 *K* 20 *z*  *K*8 *K*12 *K* 20 *z*  *K* 8 *K*13 *K* 20 *z* + 1  2  3  4  51 1 1 1 1+ *K* 7 *K*14 *K*15 *x*  *K*7 *K*14 *K*16 *z*  *K*7 *K*14 *K*17 *z*  *K*7 *K*14 *K*18 *z*  *K*7 *K*14 *K*19 *z* . 1  2  3  4  51 1 1 1 1Тоді:* d y* + * d y* +* dy* + *y* = *K * ****** **** *d x* + *K* (** **** + ** ****) + *K K * **** + *K K * **** *dx* +3 2 21 1 1 1 1 1 7 9 8 15 13 *dt* 3 2 *dt* 2 1 *dt* 1  *dt* 2  *dt*1 1+ *K* + *K K* + *K K*  *K K K* + *K K K* + *K K K* + *K * ****** **** *d* 2 *z* + *K* (** **** + ** ****) *dz* + 1 7 9 8 15 1 14 20 8 9 20 7 14 15 *x* 2 1 2 1 1  *dt* 2  *dt*1 1 1+ *K*  *K K K* + *K * ****** **** *d* 2 *z* + *K* (** **** + ** ****) + *K K * **** + *K K * **** *dz* + 2 2 14 20 *z* 3 2 3 7 10 8 16 2 1  *dt* 2  *dt*1 1 1+ *K*3 + *K* 7 *K*10 + *K*8 *K*16  *K*3 *K*14 *K* 20 + *K*8 *K*10 *K* 20 + *K* 7 *K*14 *K*16 *z* + 21+ *K* 4 ** ****** **** *d z*3 + *K* 4 (** **** + ** ****) + *K* 7 *K*11** **** + *K* 8 *K*17** **** *dz*3 +2 1 *dt* 1 *dt*2+ *K* 4 + *K* 7 *K*11 + *K* 8 *K*17  *K* 4 *K*14 *K* 20 + *K* 8 *K*11 *K* 20 + *K* 7 *K*14 *K*17 *z* + 31+ *K * ****** **** *d z* + *K* (** **** + ** ****) + *K K * **** + *K K * **** *dz* +25 4 5 7 12 8 18 41 *dt*  *dt*21+ *K* 5 + *K* 7 *K*12 + *K* 8 *K*18  *K* 5 *K*14 *K* 20 + *K* 8 *K*12 *K* 20 + *K* 7 *K*14 *K*18 *z* + 41+ *K * ****** **** *d z* + *K* (** **** + ** ****) + *K K * **** + *K K * **** *dz* +2 6 5 6 7 13 8 19 51 *dt*  *dt*21 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| + *K*6 + *K*7 *K*13 + *K*8 *K*19  *K*6 *K*14 *K*20 + *K*8 *K*13 *K*20 + *K*7 *K*14 *K*19 *z* . 51Позначимо:** = *K*1 ** ****** **** ; ** = *K*1 (** **** + ** ****) + *K* 7 *K* 9** **** + *K* 8 *K*15** **** ; ** = *K* 2 ** ****** **** ; ** = *K* 2 (** **** + ** ****);4  5  6  7 1 1 1 1** = *K* 3 ** ****** **** ; ** = *K* 3 (** **** + ** ****) + *K* 7 *K*10** **** + *K* 8 *K*16** **** ; ** = *K* 4 ** ****** **** ;8  9  10 1 1 1** = *K* 4 (** **** + ** ****) + *K*7 *K*11** **** + *K*8 *K*17** **** ; ** = *K* 5 ** ****** **** ;11  12 1 1** = *K* 5 (** **** + ** ****) + *K* 7 *K*12** **** + *K* 8 *K*18** **** ; ** = *K*6 ** ****** **** ;13  14 1 1** = *K*6 (** **** + ** ****)+ *K*7 *K*13** **** + *K*8 *K*19** **** ;15 1*K* = *K*1 + *K* 7 *K*9 + *K*8 *K*15  *K*1 *K*14 *K* 20 + *K*8 *K*9 *K* 20 + *K*7 *K*14 *K*15 ; *K* = *K* 2  *K* 2 *K*14 *K* 20 ;21  22 1 1*K* = *K*3 + *K*7 *K*10 + *K*8 *K*16  *K*3 *K*14 *K* 20 + *K*8 *K*10 *K* 20 + *K* 7 *K*14 *K*16 ;23 1*K* = *K* 4 + *K* 7 *K*11 + *K*8 *K*17  *K* 4 *K*14 *K* 20 + *K*8 *K*11 *K* 20 + *K*7 *K*14 *K*17 ;24 1*K* = *K*5 + *K*7 *K*12 + *K*8 *K*18  *K*5 *K*14 *K* 20 + *K*8 *K*12 *K* 20 + *K*7 *K*14 *K*18 ;25 1*K* = *K*6 + *K* 7 *K*13 + *K*8 *K*19  *K*6 *K*14 *K* 20 + *K*8 *K*13 *K* 20 + *K*7 *K*14 *K*19 .26 1Після підстановки математична модель за концентрацією набуде вигляду:* d* 3 *y* + * d* 2 *y* + * dy* + = * d* 2 *x* + * dx* + + * d* 2 *z* + * dz* + + 1 1 1 *y*  1 1 *K x*  1 1 *K z*3 *dt* 3 2 *dt* 2 1 *dt* 1 4 *dt* 2 5 *dt* 21 1 6 *dt* 2 7 *dt* 22 1+ * d* 2 *z* + * dz* + + * d* 2 *z* + * dz* + + (3.12) 2 2 *K z*  3 3 *K z*8 *dt* 2 9 *dt* 23 2 10 *dt* 2 11 *dt* 24 3+ * d* 2 *z* + * dz* + + * d* 2 *z* + * dz* + . 4 4 *K z*  5 5 *K z*12 *dt* 2 13 *dt* 25 4 14 *dt* 2 15 *dt* 26 5 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Розрахувавши коефіцієнти моделі, підставимо їх у рівняння:*d* 3 *y d* 2 *y dy d* 2 *x dx*0.035 1 + 3.084 1 + 65.756 1 + *y* = 3329(0.00038 1 + 0.269 1 + *x* ) +*dt* 3 *dt* 2 *dt* 1 *dt* 2 *dt* 1+ *d* 2 *x* + *dx* + + *d* 2 *z* + *dz* + +1.529(0.834 2 65.711 2 *x* ) 0.725(0.00006 1 0.21 1 *z* )*dt* 2 *dt* 2 *dt* 2 *dt* 1*d* 2 *z dz d* 2 *z dz*0.033(0.00002 2 + 1279 2 + *z* ) + 22.037(0.0006 3 + 0.06 3 + *z* ) +*dt* 2 *dt* 2 *dt* 2 *dt* 31.043(0.012 *dx*3 + *x* ) + 468.17(1.854 *dz*4 + *z* ) + 13.268(0.019 *dz*5 + *z* ) + 167.37(0.019 *dz*6 + *z* )*dt* 3 *dt* 4 *dt* 5 *dt* 6Висновки:1. Найбільший вплив на зміну концентрації має такий фактор, як витрата теплоносія.
2. Найменший вплив має температура свіжого розчину.

Вилучимо передавальну функцію за каналом регулювання та за найбільшим фактором впливу:1.26*s*2 +895.5*s* + 3329*Wр* (*s*) = 0.035*s*3 +3.084*s*2 + 65.756*s* +1**3.2.Параметричний синтез АСК ТП**Обираємо передавальні функції всіх динамічних ланок АСР. Закон регулювання регулятора обираємо з урахуванням особливостей об’єкта і заданих параметрів якості перехідного процесу, тому для стабілізації концентрації доцільно використати ПІ – регулятор. Такий регулятор має достатню швидкість, здатний виводити параметр на задане значення за рахунок інтегральної складової.Результатом аналізу технологічного процесу як об’єкта керування є вибір структури АСР, тому обираємо одноконтурну АСР стабілізації витрати води на вхід у дефлегматор, за рахунок якої стабілізується концентрація. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Рис. 3.1. Структурна схема АСР стабілізації концентраціїДля подальших розрахунків та синтезу системи будемо використовувати наступні передавальні функції ланок:Знайдемо налагодження для ПІ-регулятора. Пошук налагоджень будемо виконувати за методом Нікольса-Циглера. Для цього побудуємо частотні характеристики еквівалентного об’єкта керування (амплітудо- та фазочастотні):Отримаємо *кр* = 0,014 ; *Акр* = 1,22 і згідно цим значенням знаходимо оптимальні налагодження регулятора для ПІ– регулятора: K=0,99; Ti=141Виконаємо синтез системи регулювання за контуром стабілізації витрати води на вході у дефлегматор. Передавальна функція АСР матиме наступний вигляд:Побудуємо частотні характеристики АСР: |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Рис. 3.2. Речова частотна характеристика АСРРис. 3.3. Уявна частотна характеристика АСР |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Рис. 3.4. Амплітудо-частотна характеристика АСРРис. 3.5. Фазочастотна характеристика АСРТакож побудуємо перехідний процес АСР з урахуванням 5%- зони, яка дозволить нам наочно визначити час регулювання процесом: |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| 3.6. Перехідний процес АСР Показники якості регулювання процесом:Час регулювання – 82 с.Тип перехідного процесу – монотонно-зростаючий. Перерегулювання – відсутнє. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ КОМП’ЮТЕРНО – ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ (КІСУ)****ЗАКРІПЛЮЮЧОЇ ЧАСТИНИ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ДЕМИТИЛОВОГО ЕФІРУ У ВИРОБНИЦТВІ МЕТАНОЛУ****4.1. Розробка програмного забезпечення КІСУ вичерпної частини**Програмне забезпечення (ПЗ) повинне бути достатнім для реалізації усіх функцій КІСУ ТП та містити в собі базове програмне забезпечення (БПЗ) і прикладне програмне забезпечення (ППЗ). Базове програмне забезпечення повинне забезпечувати виконання наступних функцій:* конфігурацію операційної системи під заданий склад технічних засобів;
* підготовку, трансляцію, компонування та виконання програмних модулів прикладного програмного забезпечення;
* підготовку та копіювання носіїв базового програмного забезпечення;
* діагностику складових частин технічних засобів;
* обмін інформацією між ШКУ та РСО.

До складу базового програмного забезпечення (БПЗ) повинні також входити:* пакет програм збору й обробки інформації, що забезпечує попередню обробку сформованої в базі дані інформації (лінеаризацію, згладжування, фільтрацію та т.п.), а також видає сигнали керування;
* диспетчер реального часу, призначений для організації вводу-виводу каналів зв'язку з об'єктом, запуску прикладних програмних модулів, організації роботи з КІСУ ТП.

Прикладне програмне забезпечення (ППЗ) повинне мати програми, необхідні для реалізації технологічних алгоритмів КІСУ системою попереднього упарювання аміачної селітри, та забезпечувати: |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| * можливість виконання всього комплексу інформаційних, керуючих функцій та функцій контролю;
* можливість заміни та додавання програмних модулів з метою модифікації КІСУ та нарощуванням її функцій.

ППО повинно дозволяти обслуговуючому персоналу робити зміни величини граничних значень попереджувальної сигналізації з РСО. Програмне забезпечення повинне мати захист від несанкціонованого втручання оператора.**4.2. Графічний екран управління закріплюючою частиною**Рис. 4.1. Створення графічного екрану КІСУСтворення графічного екрану є наглядним відображенням технологічного процесу, за для якого створюється комп’ютерно-інтегрована система управління. Під час створення необхідно показати апарати стадії , системи регулювання та стабілізації. Для індикації параметрів на робочому екрані використовуються текстові блоки, яки дають змогу виводити значення |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| з програми на екран. Графічні елементи, такі як труби, корпуси апаратів, клапани, тощо створюються за допомогою вбудованих графічних бібліотек.**4.3. Створення імітаторів**Імітатори – це програмні елементи, які дозволяють відтворити значення технологічних параметрів у реальному часі для більш повного відображення реального технологічного процесу на мнемосхемі. У SCADA-системі Trace Mode 6.07 не має вбудованих імітаторів відображення значення технологічного параметра. Розробка імітатора виконується з точки зору логіки за таким принципом, щоб зміна цього параметра максимально можливо відповідала дійсності. Розглянемо розробку імітатора на прикладі. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| Рис. 4.2. Програми імітування технологічних параметрів**4.4. Динамічний режим роботи КІСУ**Виконавши усі попередні дії та прив’язавши технологічні параметри з програми до графічного екрану, отримаємо роботу мнемосхеми у динаміці.Рис. 4.2. Динамічний режим роботи КІСУ |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |



|  |
| --- |
| **4.5. Звіт тривог.**На підприємствах з великою кількістю технологічних параметрів обов'язково використовують системи сигналізації, дія котрим спрямована на попередження оператора про досягнення будь-яким технологічним параметром значення, яке може в подальшому привести до аварійної ситуації. Кольорові позначення використаємо у звіти тривог та алярмів.Рис. 4.3. Звіт тривог |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **ВИСНОВОК**Під час виконання дипломного проекту була досліджена закріплююча частина ректифікаційної колони демитилового ефіру у виробництві метанолу як технологічний об’єкт керування, розроблена математична модель та досліджена передавальна функція системи за каналом керування. За результатами цього дослідження можна зробити висновок, що розрахована математична модель надає змогу для стійкого керування об’єктом. Також були розроблені автоматична система регулювання за обраним параметром та комп’ютерно-інтегрована система управління апаратом. |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |

|  |
| --- |
| **СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**1. Стенцель Й. И. Автоматизация технологических процессов химических производств: Уч. Пос. – К.: ИСИО, 1995. – 360с.
2. Кулаков М. В. Технологические измерения и приборы для химических производств. – М., «Машиностроение», 1974, - 464с.
3. Фарзане Н. Г., Илясов Л. В., Азим-заде А. Ю. Технологические измерения и приборы. – М.: Высш. шк., 1989. – 456с.
4. Стенцель Й. И. Математическое моделирование технологических объектов управления. – К.: ИСИО, 1993. – 328с.
5. Клюев А. С. Автоматическое регулирование. – М.,

«Энергия» , 1973, - 392с.1. Клюев А. С., Глазов О. В., Дубровский А. Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464с.
2. Голубятников В. А., Шувалов В. В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – М.: Химия, 1985. – 352с.
3. Кушелев В. П. Основы техники безопасности на предприятиях химической промышленности. – М., Химия. 1977. – 280с
4. Постоянный действующий технологический регламент производства уксусной кислоты.
 |
| Роз. |  |  |  | . | ПД.44.01.ПЗ | **Лист** |
| Пер. |  |  |  |  |
|  |
| Ізм. | Літ. | № документа | Підп. | Дата |