

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
1 Характеристика технологічної схеми процесу	11
1.1 Властивості ізопропанолу та ацетону	11
1.2 Основні методи отримання ацетону	13
1.3 Технологічна схема процесу отримання ацетону	14
2 Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання пропанона-2	16
2.1 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва пропанона-2	17
3 Автоматизований розрахунок колони ректифікації суміші ізопропанол-вода	24
3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля	19
3.2 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля	28
4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання пропанона-2	30
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми	30
4.2 Вибір приладів та засобів автоматизації	31
4.3 Опис схеми автоматизації	31
5 Економіко - організаційні розрахунки процесу виробництва ацетону	34
6 Охорона праці	41
6.1 Виявлення та аналіз ШНВФ на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці	41
6.1.1 Повітря робочої зони	41
6.1.2 Виробниче освітлення	42
6.1.3 Виробничий шум і вібрація	44

6.1.4 Електробезпека	45
6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	47
6.2 Пожежна безпека	48
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
Додаток А	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток Б	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток В	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Додаток Г	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І  
ТЕРМІНІВ

МТБ – матеріальний баланс;

ХТС – хіміко-технологічна система;

$P$  – тиск;

$T$  – температура;

$V$  – об'ємна витрата;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ФОП – фонд оплати праці;

ОЗ – основні засоби;

А – амортизація основних фондів;

ОбК – обігові кошти;

С – собівартість;

П – прибуток;

Ц – ціна;

КНП – клас небезпечності підприємства;

КПО – коефіцієнт природнього освітлення.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						9
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Ізопропіловий спирт (2-пропанол, пропан-2-ол, ізопропанол, диметилкарбінол)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$  — це найпростіший вторинний одноатомний спирт аліфатичного ряду. Широко використовується як розчинник у промисловості й технічний спирт у засобах для чищення скла, оргтехніки та ін.

Термін «дегідратація» в медицині означає зневоднення організму, в авіації - це втрата води літаком під час польоту, в хімії - реакція, в результаті якої від молекули органічної речовини відщеплюється вода. Реакція дегідратації спиртів протікає при нагріванні в присутності засобів, що віднімають воду, якими є сірчана кислота, хлорид цинку, оксид алюмінію або фосфорна кислота. В залежності від умов протікання реакції можуть утворюватися неграничні вуглеводні або прості ефіри, і підрозділяється вона, відповідно, на внутрішньомолекулярну і міжмолекулярну дегідратацію.

Ацетон (від лат. *acetum* — оцет) — перший представник гомологічного ряду аліфатичних кетонів. Формула -  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ . Ацетон є цінним промисловим розчинником і завдяки невеликій токсичності він отримав широке застосування при виробництві лаків, вибухових речовин, лікарських засобів. Він є вихідною сировиною в численних хімічних синтезах.

Одним із найголовніших методів одержання ацетону є дегідратація ізопропілового спирту, тому саме цей процес і буде розглянуто в даній роботі.

Метою дипломного проекту є дослідження процесу отримання ацетону дегідрогенізацією при тиску 1 МПа, його основних технологічних параметрів, розрахунок матеріальних балансів, розробка програмного модуля для розрахунку конструктивних параметрів ректифікаційної колони, розробка схеми автоматизації виробництва, оцінка його техніко-економічних показників та аналіз охорони праці на підприємстві.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						10
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

# 1 Характеристика технологічної схеми процесу

## 1.1 Властивості ізопропанолу та ацетону

Ізопропанол. Товарний ізопропанол містить від 91 до 99,5% спирту. Технічні умови для цього продукту не встановлено, через що препарат, який надходить на продаж, за складом може відповідати навіть азеотропній суміші з водою. Ступінь чистоти спирту може коливатися в широких межах залежно від способу його одержання й використаної сировини.

Фізичні властивості. Ізопропіловий спирт розчинний у воді, етанолі, етерах і хлороформі. Розчиняє етилцелюлозу, полівінілбутирал, багато масел, алкалоїди, гуми й природні смоли. Нерозчинний у розчинах солей. На відміну від етанолу чи метанолу, ізопропіловий спирт можна виділити з водного розчину додаванням неорганічної солі, зокрема хлориду чи сульфату натрію. Ізопропіловий спирт з водою утворює азеотроп з точкою кипіння  $80,37\text{ }^{\circ}\text{C}$  і часткою спирту 87,7% мас. (91% об.). Водно-спиртова суміш здатна знижувати температури плавлення. Зі зниженням температури зростає в'язкість ізопропанолу. При температурі нижче  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  ізопропіловий спирт за в'язкістю нагадує кленовий сироп.

Хімічні властивості. Ізопропіловий спирт окислюється до відповідного кетону — ацетону. Окисним агентом у цьому процесі може виступати хромова кислота.

Також ацетон з ізопропанолу можна отримати дегідрогенізацією на нагрітому мідному каталізаторі:

Ізопропіловий спирт використовується одночасно і як розчинник, і як реагент у реакції Меєрвейна-Пондорфа-Верлея та інших процесах, пов'язаних із переміщенням гідрогену. За допомогою триброміду з ізопропанолу можна отримати 2-бромпропан, а в результаті процесу дегідратації при нагріванні за наявності сульфатної кислоти, утворюється пропілен.

Як і більшість спиртів, ізопропіловий спирт взаємодіє з активними металами (зокрема, з натрієм), утворюючи алкоголяти.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						11
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Реакція з алюмінієм застосовується для приготування каталізатора — алкоголяту алюмінію. З типових для спиртів реакцій, можна навести взаємодії ізопропілового спирту з:

амідами металів

нітрилами металів

реактивами Гріньяра

а також введення в молекулу атома хлору:

Ацетон - безбарвна летка рідина з характерним запахом. Необмежено змішується з водою та полярними органічними розчинниками, також в обмежених пропорціях змішується з неполярними розчинниками.

В лабораторній практиці його застосовують як полярний апротонний розчинник, для приготування охолоджувальних сумішей разом із сухим льодом і аміаком, ацетон є дуже корисним для миття хімічного посуду.

Ацетон є одним з продуктів метаболізму у живих організмах, зокрема, у людини. Він є одним із компонентів так званих ацетонових тіл, яких в крові здорової людини міститься вкрай мало, однак при патологічних станах їх концентрація може значно підвищуватися і досягати 20 ммоль/л (кетонемія).

В Україні ацетон, відповідно до Постанови Кабінету Міністрів від 5 грудня 2012 р. N 1129 «Про затвердження переліку наркотичних засобів, психотропних речовин і прекурсорів», є прекурсором, стосовно якого встановлюються заходи контролю. Крім того таким же заходам контролю підлягають речовини, що містять не менш як 50% ацетону.

Хімічні властивості ацетону. Ацетон володіє типовими хімічними властивостями кетонів. Він важко окислюється, каталітично відновлюється до ізопропілового спирту. При відновленні ацетону лужними реагентами і особливо амальгамами магнію або цинку відбувається конденсація і відновлення, що завершуються утворенням пінакону:

Ацетон окислює вторинні спирти в кетони за присутності третбутилату алюмінію.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						12
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

При використанні великого надлишку ацетону реакція зсувається вправо. Під дією перекису водню на ацетон в кислому середовищі утворюється перекис ацетону. Хромовий ангідрид окислює ацетон до вуглекислого газу та води.

Ацетон вступає в різні реакції конденсації. При альдольній конденсації відбувається утворення діацетонового спирту, який застосовують як розчинник:

При кротоновій конденсації послідовно утворюються оксид мезитилу, а потім форон. Оксид мезитилу застосовують для зниження леткості розчинників для лакофарбових покриттів.

При конденсації з ацетиленом ацетон утворює диметилкарбінол, який легко перетворюється в ізопрен:

При конденсації оцтовоетилового естеру з ацетоном отримують ацетилацетон:

Ацетон реагує з аміаком і воднем у присутності нікелю або міді, утворюючи аміни:

Зазвичай реакція проходить при температурі 125–175 °С і тиску 5-10 атмосфер. При дії на ацетон металічного натрію або амідю натрію утворюється ацетоннатрій — натрієвий алкоголь ізопропенілового спирту:

При піролізі ацетону (500–700 °С) над глиноземом або на розпеченому електричним струмом платиновому дроті в спеціальному приладі — кетенній лампі, утворюється найпростіший кетен.

В присутності лугів ацетон легко реагує з галоїдами з утворенням хлороформу, йодоформу і бромформу.

## 1.2 Основні методи отримання ацетону

Найстаріший метод промислового виробництва ацетону полягав у сухій перегонці ацетату кальцію, який утворюється при нейтралізації вапном деревного оцту, який утворюється при коксуванні деревини. Зараз цей метод

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						13
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

вже не застосовується, оскільки ацетон в цьому випадку містить занадто багато домішок, а вихідний матеріал дефіцитний.

Відомі також способи одержання ацетону шляхом бактеріального розщеплення вуглеводів (крохмалю, цукру, меляси), причому в якості побічних продуктів утворюються бутиловий або етиловий спирт. Ацетон і бутиловий спирт одержують в мольному співвідношенні від 2:1 до 3:1.

У Німеччині був розроблений технологічний процес виробництва ацетону на основі оцтової кислоти. При 400 °С через контакти з церію пропускали оцтову кислоту:

Такий ацетон відрізняється особливою чистотою.

Ацетон також виробляють з ацетилену прямим синтезом:

Ацетилен вступає у взаємодію з водяною парою при 450 °С в присутності каталізаторів зокрема оксиду цинку або композиту:

Одержання ацетону з ізопропілового спирту. Одним із головних методів одержання ацетону є дегідрогенізація ізопропілового спирту.

Дегідрогенізація протікає при 350–400 °С в присутності таких каталізаторів, як сплав залізо-мідь-цинк, оксид цинку або оксид цинку з 4,5% карбонату натрію, мідь, свинець та інші. Внаслідок ендотермічного характеру реакції процес ведуть в трубчастому реакторі, вузькі довгі трубки якого обігриваються димовими газами.

Активність каталізатора поступово знижується через відкладення на його поверхні сажі і смолистих речовин. Регенерація каталізатора полягає у випалюванні вуглецевих відкладень киснем, розбавленим інертними газами.

### 1.3 Технологічна схема процесу отримання ацетону

Ізопропанол (98%) переходить в газоподібний стан в теплообміннику 2, далі нагрівається до температури 720 К в теплообміннику 3, перед введенням до реактора 5, де він піддається дегідрогенізації до ацетону. Реакція протікає при температурі 720 К під нормальним тиском. Пари, що виходять з реактору, містять ацетон, водень, воду і непрореагований ізопропанол. Гази, які ідуть з

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						14
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



реактора охолоджуються в теплообміннику 5, щоб виділився рідкий ацетон, після чого розділяються в розділювачі, працюючому при температурі 298 К.

Рисунок 1.1 – Схема отримання ацетону: 1, 8 – змішувачі; 2, 3, 5 – теплообмінники; 4 – реактор; 6 – рівноважний розділювач; 7, 9, 10 – колони розділення

Водень легко дається відокремити від інших складових частин суміші, в колоні розділення 7, останні, при температурі навколишнього середовища є рідинами. В колоні розділення 8 відбувається розділення суміші (ізопропанол, ацетон, вода), з вершини відбирається ацетон. Кубовий залишок, що містить непрореагований ізопропанол і воду, розділяється в останній колоні. Як дистилят відбирається ізопропанол, який йде на змішувач 1.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						15
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 2 Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання пропанона-2

Метою функціонування будь – якої виробничої системи є отримання продуктів у необхідній кількості та необхідної якості при оптимальному використанні ресурсів. Для розв'язання цих задач використовують різні методи, в основі яких лежить матеріальний баланс, що зв'язує витрату сировини з кількістю отриманого продукту.

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів передбачає знаходження параметрів стану потоку в технологічній схемі: загальних і покомпонентних витрат, складу потоків, температур і ентальпій, аналіз можливості розв'язку задачі розрахунку МТБ технологічної схеми, розрахунок параметрів потоків технологічної схеми, визначення та розрахунок витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв [3].

На стадії проектування комп'ютерний розрахунок МТБ дозволяє визначити кількісні характеристики функціонування системи: матеріальні і теплові навантаження, продуктивність елементів системи, масові витрати стічних вод і викидів шкідливих газів в атмосферу, масові витрати грючої пари та охолоджуючої води, кількості теплоти і енергії. МТБ і продуктивність апаратів схеми є вихідною інформацією для технологічного, конструктивного і техніко – економічного розрахунку елементів ХТС.

Розрахунок МТБ узагальнюють у вигляді таблиць, що складаються із приходу (вихідна сировини, яка задіяна в ході технологічного процесу або його стадії) і витрат (готова продукція, відходи виробництва, втрати) та таблиць теплового балансу, що містять прихід і витрати теплоти.

При складанні таблиць в основу розрахунку покладено закон збереження маси і енергії. Ліву частину рівняння матеріального балансу складає маса (масова витрата) усіх видів сировини та матеріалів, що

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						16
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

поступають на переробку  $\sum G_{j,ВХ}$ , а праву – маса продуктів, що покидають апарат  $\sum G_{j,ВИХ}$ , виробничі втрати  $\sum G_{ВТР}$ :

де  $G_{j,ВХ}$  - масова витрата j-го потоку, що надходить в апарат, кг/с;  $G_{j,ВИХ}$  - масова витрата j-го потоку, що виходить з апарату, кг/с. [3]

В даному дипломному проекті виконується розрахунок лише матеріального балансу схеми, так як розрахунок теплового балансу не визначається умовами процесу та завданням на проектування.

## 2.1 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва пропанона-2

У даному розділі виконується комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів процесу отримання пропанову-2, визначення загальних та покомпонентних витрат, складів потоків.

Вхідні дані до розрахунку матеріального балансу приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вхідні дані до розрахунку матеріального балансу

Спершу складемо таблицю відповідності потоків та апаратів та на основі технологічної схеми сформуємо структурну схему потоків та апаратів.

Рисунок 2.1 – Структурна схема процесу

Таблиця 2.2 - Формалізація задачі ХТС

Виконаємо послідовно всі етапи структурного аналізу цієї схеми. Матриця суміжності А для даної схеми має вигляд:

Матриця шляхів складається з одиниць, через те, що вона замкнена і не має зворотніх зв'язків. Відповідно, матриця, для виділення комплексів також буде складатися з одиниць. Тобто система складається з одного комплексу.

Попередня послідовність розрахунку схеми: ППРС=[1,2,3,4,5,6,7].

Визначимо контури у комплексі, для цього формуємо список суміжності, який складається з вершин комплексу:

Прадерево комплексу має вигляд:

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						17
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Контури комплексу:

- I. 1-2-3-4-5-6-7-1;
- II. 1-2-3-5-6-7-1.

Матриця контурів (вважаємо, що параметричність однакова для всіх):

Маємо максимальне  $f=2$  для п'яти дуг, тому розриваємо дугу (7-1), оскільки з її розривом, суть процесу не міняється.

Рисунок 2.2 – Структурна схема процесу

Отже, отримаємо послідовність розрахунку схеми:

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів було виконано в спеціалізованому середовищі Chemcad 6.3.1. Розроблена схема наведена на рисунку 2.3.

При складанні матеріального балансу враховуємо лише масообмінні апарати. Матеріальні баланси схеми наведено в таблицях 2.4 – 2.9.

Рисунок 2.3 - Схема розрахунку матеріальних балансів у Chemcad 6.3.1:

1,6 – змішувач; 2,3,4 – теплообмінники; 5 – реактор;

7 – дільник потоків; 8,9,12 – по компонентні сепаратори

Перелік апаратів, які були використані при моделюванні процесу абсорбції за допомогою програмного середовища ChemCad, наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Перелік апаратів в середовищі ChemCad

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс по потоках

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс реактора

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони 8

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони 9

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони 10

Таблиця 2.9 – Загальний матеріальний баланс

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що матеріальний баланс процесу виробництва пропанову-2 у спеціалізованому середовищі ChemCad v. 6.3.1 розрахований вірно.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						18
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

### 3 Автоматизований розрахунок колони ректифікації суміші ізопропанол-вода

#### 3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля

Розробити обчислювальний модуль призначений для комп'ютерного розрахунку основних конструктивних параметрів ректифікаційної колони для розділення двокомпонентної суміші ізопропиловий спирт-вода. Вихідними даними для розрахунку є:

1. Тип колони: колона з сітчаними тарілками безперервної дії.  
2. Потужність установки по початковій суміші  $F$ , кг/год, дистиляту  $P$ , кг/год, кубовому залишку  $W$ , кг/год.

3. Масові концентрації НКК компонента:

- у вихідній суміші  $x_f$ , мас%;
- в дистиляті  $x_d$ , мас%;
- в кубовому залишку  $x_w$ , мас%.

4. Молекулярні маси компонентів суміші:  $M_a$  – НКК,  $M_b$  – ВКК.

Результатами розрахунку є:

5. Основні конструктивні параметри колони:

- діаметр  $D$ , м;
- висота колони  $H$ , м;
- кількість тарілок  $n$ .

6. Розподіл концентрацій по тарілках колони (мольні доли НКК в парі і рідині).

#### Математичне забезпечення обчислювального модуля

Математичне моделювання є одним із основних сучасних методів дослідження.

Математичне моделювання включає три взаємопов'язаних етапи:

- складання математичного опису досліджуваного об'єкту;
- вибір методу вирішення системи рівнянь математичного опису і

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						19
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

реалізації його в формі програми;

- встановлення відповідності (адекватності) моделі об'єкту [6].

Процес ректифікації застосовується для розподілу рідких сумішей на практично чисті компоненти або фракції, що мають різні температури кипіння при однаковому тиску. При контакті пару, що піднімається в колоні, зі стікаючою вниз рідиною відбувається часткова конденсація пару і частковий випар рідини. При цьому з пару конденсуються переважно висококиплячий компонент (ВКК), а з рідини випаровується переважно низькокиплячий компонент (НКК). Таким чином, рідина, що стікає збагачується висококиплячим компонентом, а пари збагачуються низькокиплячим компонентом. Зверху колони виходять пари, що вміщують майже один низькокиплячий компонент, і при їх конденсації утворюється дистилат. Частина дистилату надходить у верхню частину колони на зрошення і називається флегмою. З нижньої частини колони витікає рідина, що складається в основному з висококиплячих компонентів, її називають кубовим залишком.

Схема тарілчастого ректифікаційного апарату представлена на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 - Схема тарілчастого ректифікаційного апарату

Умовні позначення:  $F, D, W, R$  – витрати живлення, дистилату, кубового залишку та флегми відповідно, кмоль/год;  $x_f, x_d, x_w$  – концентрації НКК у живленні, дистилаті та кубовому залишку відповідно, (кмоль НКК)/(кмоль рідини);  $G_i$  – витрати пару, що покидає  $i$ -у тарілку, кмоль/год;  $y_i, x_i$  – концентрації НКК у парі та рідині що покидають  $i$ -у тарілку, (кмоль НКК)/кмоль;  $n$  – кількість тарілок.

Тарілчастий ректифікаційний апарат складається з: тарілок колон, дефлегматора і куба випарника. У зв'язку з цим математична модель процесів в такому апараті повинна включати математичну модель процесів, що протікають на окремій тарілці ректифікаційної колони, а також моделі процесів, що протікають у дефлегматорі і кубі випарника. Виходячи з

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						20
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

блокового принципу складання математичних моделей опис процесів, що протікають на тарілці ректифікаційної колони повинен включати: опис парорідинної рівноваги, кінетику протікання процесу, опис структури потоків фаз в апараті.

Прийmemo наступні припущення:

- вихідна суміш у кількості  $F$  надходить до колони підігрітою до температури кипіння;
- рідина (пар) на тарілках колони знаходиться при температурі кипіння (насичення);
- флегма надходить до колони при температурі кипіння;
- кількість пари, що піднімається, і стікаючої рідини не змінюються по висоті колони, а змінюється тільки їх склад;
- у зоні масообміну на тарілках відбувається ідеальне перемішування рідини й ідеальне витиснення пари;
- концентрація пари, що покидає колону дорівнює концентрації дистилляту;
- при випарюванні рідини в кубі не відбувається зміна її складу, тобто концентрація пари, що утворюється, дорівнює концентрації кубового залишку;

Математичний опис процесу розділення бінарної суміші в тарілчастій ректифікаційній колоні в стаціонарних умовах складається з наступних рівнянь:

- 1) загальний матеріальний баланс, що враховує технологічні умови здійснення процесу:
  - для рідкої фази:
  - для пару:
- 2) покомпонентного матеріального балансу:
- 3) рівняння для концентрацій НКК:
  - у рідині для тарілок вичерпної секції колони:
  - для тарілки живлення:
  - для тарілок зміцнювальної секції колони:
  - у парі для кожної тарілки:

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						21
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

4) рівняння, що описує паро-рідинну рівновагу:

де  $P = M \cdot K / G$ ,  $M$  – мольна кількість рідини на тарілці, кмоль;  $K$  – коефіцієнт масопередачі, кмоль/(кмоль·год·(од.конц.)),  $y^*$  – концентрація НКК в рівноважному парі, (кмоль НКК)/кмоль.

Продуктивність колони за вихідною сумішшю  $F = 76,88$  кг/час.

Вміст легколетучого компонента (% масові):

- У вихідній суміші – 47 %
- У дистиляті – 98 %
- В кубовому залишку – 12 %

Тиск дефлегматора  $P = 1$  атм.

Довідкові дані складу рідини ( $x$ ) и пара ( $y$ ) надані в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Рівновага суміші ізопропіловий спирт-вода

Рівняння паро-рідинної рівноваги має наступний вигляд:

Середньоквадратична похибка апроксимації дорівнює:

Рисунок 3.2 – Рівноважна крива суміші ізопропіловий спирт-вода

### Матеріальний баланс колони і робоче флегмове число

Продуктивність колони по дистиляту  $P$  і кубовому залишку  $W$  візьмемо з матеріального балансу процесу (розділ 2):

$F$ - витрата вихідної суміші, кг/с                       $F=0.02$  (кг/с)

де:

$W$ - расход кубового остатка, кг/с;

$P$ - расход дистилята, кг/с;

$X_F$  - концентрация легколетучего компонента в исходной смеси ( $X_F=0,95$ )

$X_W$  - концентрация легколетучего компонента в кубовом остатке ( $X_W=0,01$ )

$X_P$  - концентрация легколетучего компонента в дистиляте ( $X_P=0,99$ )

звідси:

$W = 0,0102$  кг / с

$P = 0,0098$  кг / с

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						22
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



Для подальших розрахунків виразимо концентрації живлення, дистилляту і кубового залишку в мольних частках, а також знайдемо відносну мольну витрату живлення.

Молекулярна маса ізопропанолу (из)  $M_{из} = 60$  кг/кмоль;

Молекулярна маса води (в)  $M_{в} = 18$  кг/кмоль;

Вихідна суміш:

Дистиллят:

Кубовий залишок:

Відносна мольна витрата живлення:

Знайдемо мінімальне флегмове число  $R_{min}$  з рівняння :

Із графіка “Залежність температури кипіння системи від складу рідина і пар” маємо рівноважний стан пара:

Із графіку  $t = f(x,y) \Rightarrow y_F^* = 0,47 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль смеси}}$

$$y_P^* = 0,94 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль смеси}}$$

$$y_W^* = 0,37 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль смеси}}$$

Оптимальне флегмове число

**Середні навантаження за рідиною і паром окремо для верхньої і нижньої частини колони**

Знаходимо масові витрати рідини із співвідношень:

де:

$M_P$  і  $M_F$  – мольні маси дистиллята і вихідної суміші;

$M_B$  і  $M_H$  – середні мольні маси рідини в верхній і нижній частинах колони;

Мольні маси:

Дистиллята:

Вихідної суміші:

Кубового залишка:

Середні мольні маси рідини в верхній і нижній частинах колони:

Де  $M_{из}$  і  $M_{в}$ - мольні маси ізопропанолу і води відповідно;  $X_{ср.в}$  і  $X_{ср.н}$  – середній мольний склад рідини.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						23
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

### Середні масові потоки пара у верхній $G_v$ і нижній $G_n$ частинах колони:

де  $M'_v$  и  $M'_n$  середні мольні маси парів у верхній і нижній частинах колони.  
де:

### Розрахунок швидкості пара і діаметра колони

Для виготовлення ректифікаційної колони необхідно визначити основні розміри. До них входить діаметр і висота колони, а також товщина стінок. Діаметр колони розраховується за потоком пари, оскільки швидкість пару на декілька порядків вища швидкості рідини.

Для розрахунку швидкості пара в колонах з тарілками скористуємося формулою:

де  $\rho_l$  – середня густина рідини в колоні,  $\rho_s$  – густина пара у верхній і нижній частині колони.

Із графіку  $t = f(x,y)$  середні температури пара у верхній і нижній частинах колони:

$$t_w=88^\circ\text{C}; \quad t_f=85^\circ\text{C}; \quad t_p=82^\circ\text{C}$$

Густини води і ацетона для знайдених температур:

$$\text{При } t_{\text{ср.н}} = 86,5^\circ\text{C}$$

$$\text{При } t_{\text{ср.в}} = 83,5^\circ\text{C}$$

Тоді

Оскільки швидкості мало відрізняються один від одного, в розрахунку використовуємо середню швидкість парів:

Орієнтовний діаметр колони визначають з рівняння витрати:

Прийmemo середній масовий потік пара в колоні  $G$  рівним півсумі  $G_v$  и  $G_n$  :

Середня густина парів:

Діаметр колони:

Стандартний діаметр обичайки колони  $d = 0,4\text{м}$ . При цьому дійсна робоча швидкість пара буде дорівнювати:

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						24
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

По каталогу для колони діаметром 400 мм обираємо сітчасту тарілку ТС з наступними конструктивними розмірами:

Швидкість пара в робочому перетині тарілки:

### Гідравлічний розрахунок тарілок

Розрахуємо гідравлічний опір тарілки у верхній та нижній частинах колони за рівнянням:

де  $\Delta r_{\text{сух}}$  – опір сухої тарілки;

$\Delta r_{\text{в}}$  – опір, викликаний силами поверхневого натягу;

$\Delta r_{\text{гж}}$  – опір газорідинного слою на тарілці.

У верхній частині колони:

Гідравлічний опір сухої тарілки

де  $\zeta=1,8$  – коефіцієнт опору незрошуваних сітчастих тарілок;  
- швидкість пара в отворах тарілки.

Опір, зумовлений силами поверхневого натягу:

де  $\sigma=40,27 \cdot 10^{-3}$  Н/м – поверхневий натяг рідини при середній температурі у верхній частині колони 83,5 °С;  $d_0 = 0.003$  м – діаметр отворів тарілки

Опір паро рідинного слою на тарілці:

де відношення густини паро рідинного слою до густини рідини, приймемо приблизно рівним 0,5

- висота паро рідинного слою ,

де  $\Delta h$  висота слою над зливною перегородкою:

де  $V_x$  об'ємна витрата рідини, м<sup>3</sup>/с;  $\Pi$  - периметр зливної перегородки.

Об'ємна витрата рідини у верхній частині колон:

де  $M_{\text{ср}}$  - середня мольна маса рідини, кг/кмоль;  $M_{\text{Д}}$  - мольна маса дистилляту, кг/кмоль.

Ширину переливного порога знаходимо, вирішуючи рівняння:

де  $R=0,2$  м – радіус тарілки;  $\Pi = 3,02$  м – периметр зливу.

Знайдемо ширину переливного порога  $b$ :

Знаходимо  $\Delta h$ :

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						25
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Висота паро рідинного слою на тарілці  $h_{ГПЖ}=1,48*10^{-5}+0,02=0,02\text{м}$

Опір паро рідинного слою на тарілці:

Загальний гідравлічний опір тарілки у верхній частині колони:

У нижній частині колони:

Гідравлічний опір сухої тарілки:

Опір, обумовлений силами поверхневого натягу:

де  $\sigma=40,086*10^{-3}$  – поверхневий натяг рідини при  $t_{сер}=88,5^{\circ}\text{C}$ .

Об'ємна витрата рідини у нижній частині колони:

де  $M_F$  – мольна маса рідини живлення, кг/кмоль;  $M_{cp}$  – середня мольна маса рідини, кг/кмоль.

Висота слою над зливною перегородкою:

Висота паро рідинного слою на тарілці:

Опір паро рідинного слою на тарілці:

Загальний гідравлічний опір тарілки у нижній частині колони:

Перевіримо, чи дотримується при відстані між тарілками  $h=0.2$  м необхідна умова для нормальної роботи тарілок:

Отже, вищевказана умова дотримується.

Перевіримо рівномірність роботи тарілок – розрахуємо мінімальну швидкість пара в отворах, достатню для того, щоб сітчана тарілка працювала усіма отворами:

Розрахована швидкість  $w_{0min}$  менше розрахованої раніше швидкості  $w_0=6,5$  м/с, отже, тарілка буде працювати усіма отворами.

### **Визначення числа тарілок і висоти колони**

Число тарілок розраховується за рівнянням:

Де  $\eta$  – середній ККД тарілок.

Для визначення середнього ККД тарілок, знаходимо коефіцієнт відносної летючості розділюємих компонентів:

$I$  коефіцієнт динамічної в'язкості вихідної суміші при середній температурі в колоні, яка дорівнює:

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						26
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

При цій температурі, тиск насиченої пари води  $P_B=450,9$  мм.рт.ст, ізопропілового спирту –  $P_{из}=889,4$  мм.рт.ст, звідки:

Динамічний коефіцієнт в'язкості води при  $85^\circ\text{C}$  дорівнює  $0,339$  мПа\*с, ізопропілового спирту –  $0,492$  мПа\*с. Прийmemo динамічний коефіцієнт в'язкості вихідної суміші  $\mu=0,4155 \cdot 10^{-3}$  Па·с

Тоді

За графіком знаходимо значення  $\eta=0.52$ .

Рисунок 3.3 – Діаграма для наближеного визначення ККД тарілки

Довжина шляху рідини в тарілці  $0.28$  м

Оскільки поправка на довжину шляху надається для  $l>0.99$ , то для  $l=0.28$  -  $\Delta=0$ .

Середній ККД тарілок знаходимо за рівнянням:

Число тарілок визначаємо графічним методом. Для цього складаємо рівняння робочих ліній.

Для верхньої частини:

Для нижньої частини:

Число практичних тарілок:

Для верхньої частини колони:

Для нижньої частини колони:

Загальне число тарілок  $n=18$ , із запасом  $n=22$ , з них  $14$  у верхній частині, а в нижній –  $8$ . Висота тарільчатої частини колони:

Загальну висоту колони визначаємо за формулою [4, с. 235]:

де  $H_T$  - висота тарільчатої частини колони, м;  $z_B$  – відстань між верхньою тарілкою і кришкою колони, м;  $z_H$  - відстань між днищем і нижньою кришкою.

Значення  $z_B$  і  $z_H$  вибираємо у відповідності з рекомендаціями [4, с. 235].

Загальний гідравлічний опір тарілок:

Процес ректифікації має ряд особливостей: різні відношення навантажень для рідини і пару у верхній частині колони; спільне протікання процесів масо- і тепло переносу. Все це ускладнює розрахунок тарільчастих

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						27
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ректифікаційних колон. В даному випадку було обрано колону з тарілками типу ТС, оскільки вона відповідає загальним вимогам. Діаметр і висота колони визначається навантаженнями по пару і рідині і фізичними особливостями взаємодіючих фаз. Було розраховано ректифікаційну колону для розділення суміші ізопропанол-вода з вихідною витратою 72 кг/год., необхідний діаметр 400 мм, висота колони 4,2 м, кількість тарілок 22 одиниці, відстань між якими 200мм.

### 3.2 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля

Відповідно до математичної моделі було розроблено алгоритм обчислювального модулю. Програмний код обчислювального модуля, розробленого в середовищі С++ наведено в додатку В.

Структура обчислювального модуля:

- файли форм – Form1.frm – Form5.frm;
- файл проекту – Project1.vbp.

Таблиця 3.1 – Основні елементи обчислювального модуля та їх призначення

Продовження таблиці 3.1

Розроблений програмний модуль складається з 9 процедур обробки подій. Призначення цих процедур наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Процедури обчислювального модуля та їх призначення

Отже, в даному розділі подана характеристика елементів, що входять до складу розробленої програми, а саме основних процедур та компонентів, що були використані. Даний програмний модуль можна використовувати для перевірного розрахунку тарілчастої ректифікаційної колони.

### 3.2 Інструкція користувачу програмного продукту

Програмний модуль призначений для перевірного розрахунку тарілчастої ректифікаційної колони, що працює у неперервному режимі.

Графічний інтерфейс користувача, який відкривається при завантаженні програми наведено на рисунку 3.2.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						28
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Головне вікно містить поля для вводу вихідних даних, а саме витрати (об'ємного видатку) вихідної суміші, концентрацій компонентів реакції.

Для виконання розрахунків слід ввести початкові дані у відповідні поля та натиснути кнопку «Розрахувати». Після чого на формі з'являються розраховані наступні параметри:

- Висота колони;
- Кількість тарілок;
- Частка НКК компонента.

### Рисунок 3.2 – Вікно програми з розрахунками

Графічна інтерпретація результатів розрахунку виводиться на окрему форму. Отримавши числові значення концентрацій компонентів, можна побудувати профілі їх зміни. Для цього необхідно на основній формі натиснути клавішу «Графік».

Для отримання загальної інформації щодо програмного продукту або ж інструкції щодо користування програмою необхідно використати спеціальне меню, відповідно, вибравши пункт «Про програму» або «Інструкція користувачу».

Отже, за результатами розробленого програмного модуля було визначено кількість тарілок та висоту колони.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						29
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання пропанона-2

### 4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Автоматизація виробництва – один із найважливіших напрямків науково – технічного прогресу, розвиток якого має об’єктивний характер. Це пов’язане насамперед з тим, що завдяки автоматизації вирішуються задачі підвищення продуктивності виробництва і покращення умов праці. Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо – та пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричинюють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко - технологічних процесів. Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, зменшення чисельності технічного персоналу.

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення атмосферного повітря промисловими викидами. [8]

Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення необхідного виходу ацетону та протікання процесу за технічним регламентом необхідно регулювати та контролювати наступні параметри: температуру в теплообмінниках, витрати суміші, тиск та рівень в реакторі та ректифікаційних колонах, концентрації ацетону.

На підставі аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва. В результаті чого обрано параметри об’єкту автоматизації, що підлягають контролю та регулюванню.

Відповідно до обраних параметрів регулювання, контролю, сигналізації були вибрані місця для заміру параметру на технологічному об’єкті та номінальні значення параметрів, межі їх зміни. Всі дані занесемо до таблиці 4.1.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						30
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



## Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

На основі обраних контурів було розроблено схему автоматизації, наведену на плакаті 1. У специфікації приведені позиції технічних засобів згідно із функціональною схемою автоматизації, найменування та повну технічну характеристику, загальну кількість однотипних одиниць. Специфікація наведена в додатку Г.

### 4.2 Вибір приладів та засобів автоматизації

При виборі приладів та засобів автоматизації слід дотримуватись наступних правил:

- для регулювання однакових параметрів технологічного процесу застосовуються однотипні засоби автоматизації;
- клас точності приладів повинен відповідати технологічним вимогам;
- діапазон вимірювання приладів повинен відповідати діапазону технологічних параметрів, що регулюються.

Тому для автоматизації процесу виробництва метанолу були вибрані технічні засоби автоматизації за каталогами відповідних виробників. [9 - 16].

### 4.3 Опис схеми автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи усього технічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання.

### Контроль та регулювання температури

Для вимірювання, контролю та регулювання температури суміші в теплообмінниках, колоннах та реакторі обрано термометр опору з чуттєвим

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						31
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

елементом Pt100 TMT 162R (поз. 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1, 7-1), що дозволяє вимірювати температуру в діапазоні -200... 600 °С, що призначені для вимірювання температури у рідких, газоподібних та сипучих речовинах, шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Отриманий сигнал з термоперетворювача передається на мікропроцесорний вимірювач-регулятор (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2, 6-2, 7-2), з вхідним сигналом 4...20 мА та вихідним сигналом 4-20 мА, який видає регулюючий вплив спочатку на електро-пневматичний перетворювач 13ТД73 (поз. 1-3, 2-3, 3-3, 4-3, 5-3, 6-3, 7-3), а він на двосидельний клапан з пневматичним виконавчим механізмом (поз. 1-4, 2-4, 3-4, 4-4, 5-4, 6-4, 7-4).

### **Контроль тиску**

Для контролю тиску обрано мембранний перетворювач тиску РС-28 (поз. 8-1, 9-1, 10-1, 11-1), розрахований на тиск від 0 до 100 МПа; з вихідним сигналом 4...20 мА, який надходить на ПД-регулятор з сигналізацією ТРМ 10 (поз. 8-2, 9-2, 10-2, 11-2). Сигналізація відбувається за допомогою сигнальної лампи з червоним індикатором ЛС 47-2 (НЛ1, НЛ2, ...НЛ8).

### **Регулювання витрати**

Для вимірювання витрати використана діафрагма камерна ДКС 0,6-50 з допустимим тиском до 0,6 МПа (12-1, 13-1, 14-1, 15-1, 16-1, 17-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 22-1, 23-1), з якої йде сигнал на дифманометр безшкальний з квадратичною функцією перетворення (12-2, 13-2, 14-2, 15-2, 16-2, 17-2, 18-2, 19-2, 20-2, 21-2, 22-2, 23-2) з вхідним сигналом 20...100 кПа.

Для показу та реєстрації витрат використано вторинний прилад РП160 (12-3, 13-3, 14-3, 15-3, 16-3, 17-3, 18-3, 19-3, 20-3, 21-3, 22-3, 23-3), з вхідним та вихідним сигналом 4...20 мА.

### **Регулювання рівня**

Для вимірювання рівня використано первинний перетворювач

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						32
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

акустичного рівнеміра ЭХО-5Н-В (поз. 24-1, 25-1, 26-1, 27-1) з уніфікованим сигналом 4-20мА та проміжний вимірювач акустичного рівнеміра (поз. 24-2, 25-2, 26-2, 27-2), сигнал з якого надходить на вторинний показувальний регулятор (поз. 24-3, 25-3, 26-3, 27-3) з вхідним сигналом 4...20 мА, та можливістю сигналізації при виході значення рівня за встановлені межі.

Сигналізація відбувається за допомогою сигнальної лампи з червоним індикатором ЛС 47-2 (HL9, HL10,...HL16).

### **Контроль концентрації**

Для контролю концентрації пропанону-2 використано первинний перетворювач з вх..сигналом 0-5мА та вторинний прилад кондуктометричного аналізатора АЖК-1.1 (поз. 28-1, 29-1, 30-1, 31-1) та АЖК-1.2 (поз. 28-2, 29-2, 30-2, 31-2), відповідно. Сигнал з аналізатора надходить на показувальний і реєструвальний прилад Диск-250ДД (поз. 28-3, 29-3, 30-3, 31-3) з вхідним сигналом 0-5мА.

Відповідно до обраних контурів, параметрів та технічного обладнання була розроблена схема автоматизації, яку дозволено згідно технічного регламенту.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						33
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 5 Економіко - організаційні розрахунки процесу виробництва ацетону

Процес синтезу органічних речовин є досить поширеним в хімічній технології багатьох виробництв. У даному дипломному проекті розглядається підприємство, що спеціалізується на виготовленні ацетону дегідрогенізацією ізопропанолу.

В Україні відсутні виробники ацетону, його поставляють з інших країн (Росія, Польща, Німеччина, Тайвань та інші).

Одним з найважливіших показників діяльності підприємства є собівартість продукції, яка комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів, рівень технічного розвитку виробництва, досконалість системи управління та значною мірою визначає кінцеві результати діяльності підприємства – прибуток і рентабельність.

Метою проведення економіко – організаційного обґрунтування процесу Отримання ацетону є розрахунок його основних техніко – економічних показників, за якими можна буде зробити висновки щодо доцільності існування підприємства, що займається виготовленням даної продукції.

### Визначення оптимального виду руху предметів праці

Вид руху предметів праці по стадіях виробництва в значній мірі впливає на діяльність виробничого циклу. Існують такі види руху: послідовний, паралельний, синхронізований.

Оскільки точний час окремих операцій отримання продукції невідомий, то приймемо за середній час на кожній дії процесу 5 хвилин (задіяні 10 апаратів, які приймають участь у отриманні продукту).

Даний процес безперервний, тому більш ефективним ВРПП є паралельний, проте, через великий обсяг подачі сировини і отримання продукту, оптимальним буде послідовний – обробка продукції проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію.

$$t_{\text{зміни}} = 6 \text{ ГОДИН}$$

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						34
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Тривалість обробки:

За одну зміну обслуговується: одиничних завантажень.

### **Середньорічна тривалість виробничого циклу, річний випуск продукції**

Підприємство працює кожен день 24 год/добу у чотири зміни по 6 годин.

Номінальна тривалість виробничого циклу: 50 хв. За один цикл підприємство здійснює одне вивантаження продукту.

Кількість вивантажень за робочий день:

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

1400 хв – фактична тривалість виробничого циклу.

Кількість вивантажень за рік:

Визначимо такт потоку:

### **Кількість одиниць обладнання, кількість працюючих, графік роботи, чисельність персоналу**

Для кожної операції необхідно по одній одиниці обладнання. Загальна кількість одиниць обладнання – 10.

У цеху синтезу метанолу працює 20 осіб. Перелік осіб, що працюють в даному відділенні наведено в таблиці 5.1. Згідно з відомими нормами технічного проектування режим роботи працівника в умовах безперервного робочого тижня характеризується 6-ти годинною робочою зміною, оскільки в цеху синтезу ацетону шкідливі умови праці.

Таблиця 5.1 - Персоналу цеху виробництва ацетону

Явочна чисельність персоналу:  $Ч_{\text{яв}} = 20$  осіб.

Норма виробітку:

Чисельність за списком – потреба підприємства у кадрах. Крім явочної чисельності включає додаткову, необхідну для заміщення тих хто у відпустці, хворіють чи відсутні з інших причин.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						35
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Підприємство працює 365 днів на рік 24 год/добу, з них 350 днів – виробничі, 15 днів – відведені на ТОРО. Графік змін на підприємстві: 1-а зміна: 6.00-12.00; 2-а зміна: 12.00 -18.00; 3-я зміна: 18.00- 00.00; 4-а зміна: 00.00- 6.00. Для забезпечення безперервності виробництва необхідно 5 бригад. Складемо графік змінності (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 - Графік змінності основних виробничих працівників

### **Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва**

#### Оборотні фонди

1. Сировина: ізопропанол, вода.
2. Електроенергія
3. Водопостачання і опалення.

Розрахуємо матеріальний баланс на один цикл, тобто 1 вивантаження продукції

За один цикл витрачається 4907 кг ізопропанолу, а отримується 4711 кг ацетону.

Річна вартість сировини:

Розрахуємо витрату електроенергії за рік, користуючись нерегульованим одно ставковим тарифом 1.5 грн/кВт·год

За рік підприємство споживає близько 4500 кВт

Розрахуємо витрату опалення за рік: для загальної площі 1500 м<sup>2</sup> споживається близько 19 Гкал/міс за тарифом 281,6 грн/Гкал. Сезон опалення триває 6 місяців:

За водопостачання сплачується близько 3500 грн/рік

Середня заробітна плата працівників підприємства складає 5000 грн/міс:

Фонд заробітної плати = 100 000 грн/міс

З урахуванням податків, фонд оплати праці буде становити:

ФОП = 1 200 000 · 1,22 = 1 464 000 грн/рік

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						36
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## Калькуляція на випуск продукції

Вартість основних фондів:

- вартість приміщення – 900 000 грн/рік;
- вартість обладнання – 189 000 грн;
- виробничий та господарський інвентар – 5 000 грн;
- нематеріальні активи – 10 000 грн.

Сумарна вартість основних фондів – 1 104 000 грн

Сумарна вартість амортизації основних фондів (10%) – 110 400 грн/рік

Вартість оборотних засобів:

## Техніко-економічні показники

Собівартість (за рік) складає:

Собівартість 1 одиниці (кількість продукції за одиничний цикл) продукції в середньому складає:

Ринкова ціна ацетону складає 70 грн/кг і 100 грн/кг за водень.

Ціна за всю продукцію випущену за рік:

Прибуток від продукції(річний):

Рентабельність:

Капіталовкладення:

Час повернення капіталовкладень:

Коефіцієнт економічної ефективності:

Фондовіддача:

Фондоємність:

## Порядок контролю виробничого процесу

Об'єкти технічного контролю: готова продукція, технологічний процес і обладнання, пакування.

Суб'єкти контролю: відділ контролю якості.

Види контролю та їх порядок: поточний контроль → вихідний контроль.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						37
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Методи контролю: кількісний і якісний.

Поточний контроль – перевірка технологічної дисципліни при виконанні технологічного процесу. Цей контроль проводить технолог, який веде відповідний журнал.

Вихідний контроль – оцінка якості готової продукції. Основна мета – виявлення браку. Заключний контроль проводять інженер-технолог та відділ контролю якості. Результати заключного контролю заносять до журналу заключного контролю, згідно якого оформлюється паспорт на продукцію.

Будь-який процес управління якістю технологічного процесу базується на реалізації наступних етапів:

- Отримання інформації про стан об'єкта (контроль якості);
- Обробка інформації про стан об'єкта, виявлення причин втрати якості;
- Дія на об'єкт у відповідності до обраного закону управління.

Контроль якості технологічного процесу можна здійснити лабораторними методами, такими як: метод проб, визначення масової частки розрахунковим або індикаторним методом та інші. Для їх проведення на підприємстві необхідно забезпечити місце лаборанта, лабораторний посуд та реактиви.

Проте для більшої ефективності використовують методи прикладного статичного аналізу даних для управління якістю. До них відносять методи кластерного аналізу, а також статистичні: гістограма, діаграма розсіювання, контрольний лист, діаграма Парето, діаграма Ісікави, контрольна карта. Найбільш зручним для даних цілей є, мабуть, контрольні карти, які являють собою зображення часового ряду зі статично вираженими верхньою і нижньою межами. Ці межі наносяться по обидві сторони від центральної лінії процесу. Метою є визначення характеристик випадків показників якості продукції і пропонування заходів щодо усунення таких варіацій. Для реалізації даної задачі необхідний універсальний аналітичний пакет, такий як Statistica. Для організації такого підходу необхідно автоматизувати виробництво, щоб

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						38
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



зняті показники передавались на ПК оператора, де і буде проводитись аналіз контролю якості. Використовуючи автоматизацію, при виявленні відхилень можна легко керувати величинами, які впливають на показники якості, без необхідності припиняти виробництво. Ще однією перевагою є скорочення персоналу, звідси – збільшення прибутку.

Розрахуємо калькуляцію для автоматизованого виробництва:

Вартість основних фондів:

- вартість приміщення – 900 000 грн/рік;
- вартість обладнання – 250 000 грн;
- ліцензія Statistica – 38 000 грн;
- виробничий та господарський інвентар – 5 000 грн;
- нематеріальні активи – 10 000 грн.

Сумарна вартість основних фондів – 1 203 000 грн

Сумарна вартість амортизації основних фондів (10%) – 120 300 грн/рік

Вартість оборотних засобів:

### **Техніко-економічні показники**

Собівартість (за рік) складає:

Собівартість 1 одиниці (кількість продукції за одиничний цикл) продукції в середньому складає:

Ринкова ціна ацетону складає 70 грн/кг.

Ціна за всю продукцію випущену за рік:

Прибуток від продукції(річний):

Рентабельність:

Капіталовкладення:

Час повернення капіталовкладень:

Коефіцієнт економічної ефективності:

Фондовіддача:

Фондоємність:

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						39
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

З розрахунку видно, що «звільнені» кошти після скорочення персоналу повністю покривають витрати на модернізацію підприємства, при цьому, збільшуючи прибуток.

При оцінці діяльності підприємства найбільш значущим показником є рентабельність – відношення отриманого прибутку до зроблених затрат. Дане підприємство має рентабельність 149 %, отже є прибутковим. Термін повернення капіталовкладень вкладникам становитиме приблизно 7 місяців. Як видно з приведених розрахунків, автоматизоване виробництво є значно ефективнішим, а отже, є більш економічно вигідним, порівняно зі звичайним. Час повернення капіталовкладення однаковий, проте у автоматизованого виробництва прибуток більший, до того ж дає більш точні показання, можливість швидкої реакції на збурення та надійність.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						40
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 6 Охорона праці

Як впливає з технологічної частини проекту у виробництві містяться шкідливі пожежонебезпечні речовини і матеріали, використовується механічна, теплова, електрична енергії, висока температура в апаратах, пожежонебезпечні матеріали та речовини. В даному розділі на підставі аналізу всіх можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проєктованому об'єкті, розроблені заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

### 6.1 Виявлення та аналіз ШНВФ на проєктному об'єкті. Заходи з охорони праці

#### 6.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що виконуються у даному цеху за витратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої важкості (II а).

У таблиці 6.1 наведені прийняті проєктом гігієнічні норми метеорологічних умов у приміщенні цеху, що проєктується.

Таблиця 6. 1 – Величини параметрів мікроклімату

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючи конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт. Допустима температура зовнішньої поверхні обладнання:

За способом організації повітрообміну передбачена загальнообмінна, місцева й комбінована вентиляція. Передбачається схема вентиляції згори до низу. У приміщенні цеху передбачена загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція та місцева припливно-витяжна вентиляція. Додатково передбачені витяжні шафи.

Тепловиділення у виробничих приміщеннях нейтралізують шляхом теплової ізоляції частин апаратів. Для захисту рук від опіків при ремонтах, а

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						41
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

також при огляді обладнання робітникам рекомендується користуватися спеціальними рукавицями.

При порушенні технологічної роботи цеху можливі викиди газу. Проводяться попередні і періодичні (один раз на рік) медогляди.

Коротка санітарна характеристика робочої зони наведена у таблиці 6. 2.

Таблиця 6. 2 – Санітарна характеристика робочої зони

Проектом передбачено проводити наступні заходи. Проведення два рази на місяць контролю вмісту у повітрі робочої зони шкідливих речовин і параметрів. Використання термографів для безперервного контролю температури. Визначення відносної вологості повітря за допомогою стаціонарного, а також аспіраційного психрометра М-34.

### 6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06 роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду робіт середньої точності групи IV г.

Проектом передбачено три види освітлення: природне, штучне і суміщене освітлення.

Система природного освітлення – комбіноване освітлення.

Штучне освітлення представлено системою загального рівномірного освітлення і здійснюється в цеху за допомогою газорозрядних ламп низького тиску (люмінесцентні типу ЛБ-40). Світильники - пиловологонепроникні ЛПО-01.

Проектом передбачена робота аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення, яке представлено люмінесцентними лампами.

У виробничих і побутових приміщеннях прийнята система загального рівномірного освітлення. Для оцінки освітленості у виробничих приміщеннях передбачено фотоелектричний люксметр Ю-116. Норми параметрів освітлення, згідно ДБН В 2-5.28.-06 наведені у таблиці 6.3.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						42
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

### Таблиця 6.3– Норми виробничого освітлення

Окрім виробничого цеху, на виробництві наявний цех операторів АСУТП, схема якого наведена на рисунку 6.1. Площа цього приміщення становить 15 м<sup>2</sup>. В цьому приміщенні розташовані два автоматичних робочих місця (АРМ) оператора – технолога, обладнані ЕОМ.

#### Рисунок 6.1 – Схема операторної кімнати виробництва

Перевіримо освітленість робочого місця користувача ПК на відповідність розряду зорової роботи. За даними вимірювань рівень природної освітленості поверхні, де розташований ПК, складає 200 лк за освітленості тієї же поверхні відкритим небосхилом в 20000 лк, тобто КПО=1%, що не відповідає нормативному КПО.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 15м<sup>2</sup>, ширина А якої складає 3м, довжина В – 5м, висота - 3м.

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

де F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; E = 300 Лк;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку S=15м<sup>2</sup>);

Z - відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку Z = 1,1);

K - коефіцієнт запасу, в нашому випадку K = 1,5);

η - коефіцієнт використання світлового потоку, що характеризується коефіцієнтами відбиття від стін (ρ<sub>ст.</sub>) і стелі (ρ<sub>стелі</sub>)), значення коефіцієнтів дорівнюють ρ<sub>ст.</sub> = 50% і ρ<sub>стелі</sub> = 50%.

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

де h<sub>p</sub> – розрахункова висота підвісу (h<sub>p</sub> =h<sub>1</sub> – h<sub>2</sub>, h<sub>p</sub>=1м).

Знаючи індекс приміщення I знаходимо значення η = 0,57.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку:

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						43
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ-40, світловий потік яких  $F = 3120$  Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

де  $N$  – кількість ламп, що визначається;  $F$  - світловий потік;  $F_{л}$  - світловий потік лампи.

В приміщенні використовуються світильники типу НОДЛ. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 2 світильники із 2 працюючими лампами в них.

Схема розташування світильників в операторській (приміщення на рисунку 6.1) зображена на рисунку 6.2.

Рисунок 6.2 – Схема розташування світильників в приміщенні

### 6.1.3 Виробничий шум і вібрація

Джерелами вібрації на виробництві, що проектується, є наступне устаткування: електродвигуни, вентилятори. Джерелами шумів на виробництві є реактор, ректифікаційні колони, насоси. Для зниження рівня шуму на робочому місці оператора, проектом прийнято закрити ці механізми кожухами із звуконепроникного матеріалу.

Службами відділу охорони праці періодично проводяться виміри виробничого шуму, вібрації на робочих місцях за допомогою приладів ВШВ-2, ВШВ-2п (вимірниками шуму і вібрації), а також універсальним віброакустичним комплектом.

За ДСН 3.3.6.0.37-99 рівень звуку не повинен перевищувати 50 дБА. Фактичний рівень шуму складає 46 дБА, що відповідає нормі.

Рівень загальної технологічної вібрації згідно ДСН 3.3.6.039-99 для таких октавних смуг 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63 Гц не повинен перевищувати 109, 107, 98, 93, 91, 91, 91 дБ відповідно.

Передбачено істотне ослаблення шуму якісним монтажем окремих вузлів машин і своєчасним проведенням планового запобіжного ремонту.

Для зниження шуму на шляху його розповсюдження передбачається

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						44
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

облицьовування частини внутрішніх поверхонь звукопоглинальними матеріалами (пінопласт).

Віброізоляція здійснюється шляхом установки джерел вібрації на віброізолятори.

Для захисту від виробничого шуму на підприємстві передбачені звукоізоляційні пристрої: перегородки, екрани й об'ємні звукопоглиначі у вигляді перфорованих кубів і куль, підвішених над агрегатами, які спричиняють шум. Щоб знизити рівень вібрації під вібруюче устаткування встановлюють амортизатори, виготовлені зі сталевих пружин.

В якості індивідуальних засобів захисту від шуму згідно передбачено м'які протишумові вкладки. Для захисту рук від дії вібрацій застосовують рукавиці з спеціальними віброзахисними вставками.

Для захисту від вібрацій що передаються через ноги передбачено взуття товстою резиноюв подошвою.

#### 6.1.4 Електробезпека

Цех, який проектується, відноситься до класу приміщень з особливою небезпекою, оскільки присутні дві умови особливої небезпеки:

- наявність струмопровідної підлоги (металева та бетонна);
- можливість одночасного доторкання людини до струмопровідних частин електроустановки і металоконструкцій, що мають контакт із землею.

Ураження електричним струмом можливе у результаті дотику до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

Найбільш часто відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму. Розрахунок сили струму, який проходить через тіло людини, розраховується за формулою:

де  $R_{\text{л}}$  – опір тіла людини,  $R_{\text{л}} = 2 \dots 4 \text{ кОм}$ ;  $R_0 = 4$  – опір заземлення

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						45
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

нейтралі джерела струму, Ом;  $I_{л}$  – електричний струм, який проходить через людину;  $U_{ф} = 220$  В– фазна напруга.

Напруга дотику розраховується за формулою:

Електричне устаткування на виробництві живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Для змінного струму із частотою 50 Гц гранично припустимі значення напруги дотику й струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі  $I_{л} = 6$  мА,  $U_{дот} = 36$  В; при нормальному режимі роботи електричного обладнання  $I_{л} = 0,3$  мА,  $U_{дот} = 2$  В.

Таблиця 6.5 – Класифікація приміщень по ступеню небезпеки враження електричним струмом

Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні заходи й засоби: занулення, захисне відключення, мала напруга, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, знаки безпеки, огорожувальні пристрої, блокування, попереджувальна сигналізація, попереджувальні плакати. Також використовується подвійна ізоляція.

У виробничих приміщеннях передбачена періодична перевірка вибраних типів проводів, освітлювальної арматури, пускачів електродвигунів та іншого електроустаткування.

Для забезпечення індивідуального захисту використовують діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, ізолюючі підставки, гумові килимки, тимчасові огороження, захисні окуляри. Для запобігання прямих ударів блискавки споруди захищені стрижневими блискавковідводами. Електричне обладнання закритого типу, яке встановлюють на заводі, має пило- та вологонепроникне виконання.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						46
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



## 6.1. 5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму, неправильній експлуатації устаткування, що може призвести до аварій, вибухів, пожеж на виробництві.

Експлуатація обладнання дозволяється персоналу, який пройшов спеціальне навчання, первинний та повторний інструктаж з охорони праці і має посвідчення про здачу іспиту на право роботи на даному виді устаткування.

Ацетон та ізопропанол вибухонебезпечні та мають токсичність середньої сили, тому необхідно дотримуватися правил техніки безпеки при роботі з ним.

Ця інструкція є обов'язковою для виконання всіма особами, які працюють з ацетоном. Роботи з ацетоном та іншими речовинами, що виділяються при виробництві відносяться до робіт підвищеної небезпеки. До виконання робіт допускаються особи, які досягли 18-років; пройшли медичний огляд відповідно та не мають медичних протипоказань; пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці. Особи зобов'язані вміти користуватися засобами колективного та індивідуального захисту. Ацетон та ізопропанол надають токсичний вплив на організм людини, викликаючи ураження ЦНС.

Ацетон є вибухонебезпечним, область займання 2,2 – 13 % об. за нормальних умов, температура самозаймання 465 °С. Ацетон транспортують транспортом усіх видів відповідно з правилами перевезення вантажів.

Ізопропанол вважається небезпечним завдяки своїм властивостям: температура спалаху 12 °С; температура самозаймання 455 °С; область займання 2 – 12 % об. Ізопропіловий спирт заливають в бочки сталеві і алюмінієві. Допускається розлив в скляні бутілі. Транспортують його в спеціальних залізничних цистернах відповідно до правил перевезення

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						47
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

вантажів. Бочки і ящики з ізопропанолом перевозять по залізниці в критих вагонах.

Контроль параметрів режиму відбувається за показаннями контрольно-вимірювальних приладів, що забезпечують автоматичний захист та безпечну експлуатацію обладнання за рахунок контурів регулювання.

## 6.2 Пожежна безпека

На виробництві, що проектується, можливими джерелами пожежі є перенавантаження електроустаткування, нагріті стінки обладнання, іскри електрообладнання та від тертя деталей машин, виникнення електричної дуги при обриві ланцюгів високої напруги, перегріву електроустаткування, а також прямий удар блискавки в будівлю. За захистом від блискавки виробнича будівля відноситься до III категорії. Будівлі захищаються від прямих ударів блискавки блискавковідводами (стрижньові, вкриті ізоляцією). Для захисту від занесення високих потенціалів блискавки по трубопроводам – заземленням їх, перед входом до будівлі.

У якості захисту від дії статичної електрики використане заземлення. Для захисту електрообладнання від загорання застосовуються пристрої захисного вимкнення (реле типу ЕЛ-1, ЕЛ-12.), передбачена ізоляція електропроводки (гетинакс, текстоліт).

За ступенем вогнестійкості виробнича будівля відносяться до 1 групи. У виробничому корпусі і на території проектного заводу передбачаються наступні протипожежні заходи:

- у виробничому корпусі передбачено 8 виходів, що забезпечують евакуацію людей при пожежах;
- через кожні 5,0...7,5 м по ланцюгу зовнішнього водопроводу встановлені гідранти;
- передбачені внутрішній протипожежний трубопровід;
- улаштуванням протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						48
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

- вода береться з водопровідної мережі даного підприємства;
- із зовнішньої сторони будівлі встановлено три пожежні сходи.

На проектованому підприємстві передбачається пожежна сигналізація і зв'язок.

Протипожежні розриви між будівлями складають 10м.

Для уникнення іскор удару чи тертя рухомі частини обладнання своєчасно змащуються.

Для гасіння пожежі передбачений внутрішній протипожежний водопровід, в приміщенні знаходяться ємності з піском і пожежні щити.

### **Висновки до розділу**

В даному розділі було розглянуто основні параметри виробничого середовища, що можуть призвести до виникнення аварійних або небезпечних ситуацій на підприємстві з виробництва ацетону.

Згідно з нормативною документацією було визначено ступінь важкості робіт, що виконуються на цьому підприємстві, визначено санітарні норми параметрів мікроклімату та передбачені заходи для їх нормалізації, а саме: механізація і автоматизація тяжких і працемістких робіт; дистанційне управління процесами й апаратами; раціональне розміщення устаткування, агрегатів та інше.

Було визначено, які засоби індивідуального захисту повинні використовувати працівники підприємства з виробництва ацетону для захисту від негативного впливу хімічних речовин, що можуть бути присутніми в цеху (метанол, чадний газ), а саме протигази, захисні костюми, респіраторні маски.

Було розраховано систему штучного освітлення за методом світлового потоку виробничого приміщення, де знаходяться автоматичні робочі місця операторів – технологів. Згідно з розрахунками в даному приміщенні, площа якого 15 м<sup>2</sup> необхідно розташувати два світильники, кожен з яких має дві лампи типу ЛБ-40. Було побудовано схему розташування світильників в приміщенні.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						49
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

В даному розділі наведено основні правила техніки безпеки на виробництві метанолу, показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів та заходи для запобігання виникненню пожеж або вибухів у цеху.

Всі наведені рекомендації необхідно взяти до уваги при проектуванні виробничого процесу з отриманням ацетону.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						50
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті був розглянутий процес отримання пропанону-2.

Було вирішено наступні задачі:

1. Проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу пропанону-2.
2. Розраховано матеріальний баланс схеми процесу отримання ацетону.
3. Відповідно до технічного завдання розроблено обчислювальний модуль для перевірного розрахунку основних конструктивних параметрів ректифікаційної колони для системи ізопропанол-вода.
4. Розроблено схему автоматизації процесу отримання ацетону, підібрані необхідні технічні засоби автоматизації.
5. Виявлено та проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори, визначено шляхи їх усунення.
6. Розраховано техніко – економічні показники виробничого процесу отримання ацетону, за якими визначено, що дане виробництво є доцільним.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						51
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кутепов, А.М. Общая химическая технология. Для вузов [Текст] / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен.– М.: Высшая школа, 1985. – 448 с.
2. Мухленов, И.П. Расчеты химико-технологических процессов [Текст] / И.П. Мухленов – Л.: Химия, 1982. – 248 с.
3. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З, Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1968.
4. Дытнерский Ю.А., Процессы и аппараты химической технологии. 2-е изд., перераб. и дополн.- М.: Химия, 1991. – 325 с.
5. Гутник, С.П. Расчеты по технологии органического синтеза. Для техникумов [Текст] / С.П. Гутник, В.Е Сосонко, В.Д. Гутман. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
6. Бойко, Т. В. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки «Хімічна технологія та інженерія» [Текст] / Т. В. Бойко В. І. Бендюг, І. О. Потяженко – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 128с.
7. Кафаров В.В. Справочник по равновесию между жидкостью и паром в бинарных и многокомпонентных системах. Л.: ГХИ, 1957, 497 с.
8. Колонные аппараты. Каталог. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1978, 31 с.
9. Полоцкий, Л.М. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации [Текст] / Л.М. Полоцкий, Г.И. Лапшенков. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
10. Официальный сайт компании «Прибортрейд - Контрольно-измерительные приборы» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pribortrade.com.ua> - Название с экрана.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						52
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

11. Официальный сайт «НПП ЭЛЕМЕР» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/> - Название с экрана.
12. Офіційний сайт «Спецавтоматика Україна» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrspecavtomat.com.ua/> - Назва з екрану.
13. Офіційний сайт ТОВ «ТК Енерго» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://profmaster.com.ua/> - Назва з екрану.
14. Офіційний сайт ТОВ «Електротермометрія» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.etm.lutsk.ukrpack.net/> - Назва з екрану.
15. Официальный сайт «Газоаналитика РФ» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://xn--80aaaalzjashuk1d.xn--p1ai> - Название с экрана.
16. Офіційний сайт ТОВ «ВО Укрспецкомплект» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrsk.com.ua/> - Назва з екрану.
17. Економіка підприємства: навч. посібник [Текст] / за заг. ред. В.Г. Герасимчука, А.Е. Розенплентера. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 264 с.
18. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]: ДСН 3.3.6.042-99 - № 42; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
19. Естественное и искусственное освещение [Текст]: НИП II-4-79 - М.: Стройиздат, 1980.-48 с.
20. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. [Текст] / Д.В. Зеркалов. – К.: «Основа». 2011. – 551 с.
21. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст]: ДСН 3.3.6.037-99 - № 37; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
22. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [Текст]: ДСН 3.3.6.039.99 - № 39; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк 53
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

23. Средства и методы защиты от шума. Классификация. [Текст]: ГОСТ 12.1.029-80 - N 5237 утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 31 октября 1980 г.
24. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Текст]: ГОСТ 12.1.038-92
25. Система стандартов безопасности труда. Противогазы промышленные фильтрующие. Технические условия. [Текст]: ГОСТ 12.4.121-83
26. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений. [Текст]: СНиП 2.01.02-85.
27. Определение категорий помещений по взрывной и пожарной опасности. [Текст]: ОНТП 24-86

					ХА 3106 1490 001 ПЗ	Арк
						54
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		