

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет \_\_\_\_\_ хіміко-технологічний \_\_\_\_\_.

Кафедра \_\_\_\_\_ кібернетики хіміко-технологічних процесів \_\_\_\_\_.

Освітньо-кваліфікаційний рівень \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_.

Напрямок підготовки 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) Т.В.Бойко

\_\_\_\_\_ 2015р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Панасюку Роману Васильовичу

1. Тема проекту Комп'ютерний розрахунок процесу отримання ізопропилбензолу

керівник проекту Шахновський Аркадій Маркусович, к.х.н., доц.

затверджені наказом по університету від «09 » квітня 2015р. № 859-с

2. Строк подання студентом проекту 11 червня 2015р

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю. О. доц. каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки		
Організаційно-економічна частин	Підлісна О.А. доц. кафедри економіки і підприємництва		
Розрахунок матеріальних балансів ХТС	Безносик Ю.О. доц. кафедри кібернетики ХТП		
Розроблення обчислюв. модуля	Фоглер О.М. доц. кафедри кібернетики ХТП.		
Розроблення схеми автоматизації ХТС	Бондаренко С.Г. доц. кафедри кібернетики ХТП.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2015

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк викон. етапів проекту	Примітка
	Характеристика виробництва, продукції, сировини, допоміжних матеріалів. Комп'ютерно-інтегрований розрахунок матеріальних балансів схеми.		
	Розрахунок основного апарата. Блок-схема обчислювального модуля (формат А1).		
	Креслення загального вигляду основного апарата (формат А1).		
	Розробка рішень з контролю та керування виробництвом. Технологічна схема та схема автоматизації (формат А1).		
	Розробка рішень з охорони праці та економіки і управління виробництвом		
	Оформлення пояснювальної записки, виконання ілюстративних матеріалів (презентації).		

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Р.В.Панасюк

Керівник проекту \_\_\_\_\_

(підпис)

А.М.Шахновський

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Факультет хіміко-технологічний  
Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів

«До захисту допущено»  
В.о. завідувача кафедри  
Т.В.Бойко  
(підпис)

“ ” - 2015 р.

**Дипломний проект**  
**освітньо-кваліфікаційного рівня « бакалавр»**

з напрямку підготовки 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

на тему: Комп'ютерний розрахунок процесу отримання ізопропилбензолу

Виконав студент IV курсу, групи ХА-11  
Панасюк Роман Васильович

Керівник доц. каф. КХТП, к.х.н., доц. Шахновський А.М.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти:

з хімічної технології доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Безносик Ю.О. (підпис)

з математичн. моделювання доц. каф. КХТП, к.фіз-мат.н., Фоглер О.М. підпис

з автоматизов. регулювання доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Бондаренко С.Г. підпис

з охорони праці доцент каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки, к.т.н., доц. Полукаров Ю.О. підпис

з організаційно-економічної частини доц. кафедри економіки і підприємництва, к.х.н. доц. Підлісна О.А. підпис

Нормативний контроль доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Шахновський А.М. підпис

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2015 року

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Комп'ютерний розрахунок процесу отримання ізопропилбензолу

Київ – 2015 року

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	8
Вступ.....	10
1 Технологічна схема отримання ізопропілбензолу.....	11
2 Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів процесу .....	14
2.1 Теоретичні засади розрахунку МТБ .....	14
2.2 Розрахунок матеріальних балансів процесу отримання ізопропілбензолу	15
3 Розробка модуля проектного розрахунку поличкового реактора.....	17
3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля .....	17
3.2 Математичне забезпечення обчислювального модуля .....	17
3.3 Керівництво користувача програмного модуля .....	19
4. Розробка засобів автоматизації процесу отримання кумолу.....	21
4.2 Опис схеми автоматизації.....	22
5 Охорона праці.....	24
5.1 Повітря робочої зони.....	24
5.2 Виробниче освітлення .....	24
5.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій.....	26
5.4 Електробезпека .....	27
5.5 Безпека технологічних процесів та обладнання .....	28
5.6 Пожежна безпека .....	29
6. Економіко – організаційні розрахунки .....	30
Висновки .....	34
Перелік посилань.....	35

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ІПБ – ізопропілбензол;

ДІПБ – діізопропілбензол;

ППРС – попередня послідовність розрахунку схеми;

МТБ – матеріально-тепловий баланс;

ХТС – хіміко-технологічна система;

$T$  – температура, °К;

$C_i$  – концентрація, Кмоль/м<sup>3</sup>;

$F$  – витрата, м<sup>3</sup>/с;

$D$  – діаметр, м;

$L$  – довжина, м;

$V$  – об'єм, м<sup>3</sup>;

$Wr_i$  – швидкість протікання реакції по  $i$ -му компоненту;

$t, c$  – час;

$U$  – середня лінійна швидкість потоку в реакторі ідеального витіснення, м/с;

$l$  – координата довжини реактора, м;

$\tau$  – час перебування в реакторі, с;

$k_i$  – константи швидкості хімічної реакції;

$R$  – радіус реактора, м;

НКК – низькокиплячий компонент;

СНД – Співдружність Незалежних Держав;

НДР – науково-дослідна робота;

ГДК – гранично допустима концентрація;

$C$  – собівартість;

ОФ – основні фонди;

$A$  – амортизація основних фондів;

ОбК – обігові кошти;

$H_a$  – норма амортизації;

$\Phi_m$  – повна початкова вартість ОФ;

Ц – ціна на продукцію (послугу чи роботу);

П – прибуток;

Р – рентабельність;

$T_k$  – термін повернення капіталовкладень;

$E$  – коефіцієнт економічної ефективності;

$\Phi B$  – фондівіддача виробничих фондів;

$\Phi E$  – фондоємність;

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю;

ЗАТ – закрите акціонерне товариство;

ВАТ – відкрите акціонерне товариство.

## ВСТУП

В XXI столітті перед людством постає глобальна проблема раціонального використання ресурсів. Внаслідок стрімкого розвитку науково-технологічного прогресу людство споживає більше природних ресурсів, чим генерується, внаслідок кругообігу речовин в природі. Тому, дуже важливою є проблема ефективної хімічної переробки маловідновлюваних речовин природної сировини нафти, вугілля, сланців, торфу, вуглеводневих газів та ін.

На сьогоднішній день в світі синтезована велика кількість органічних сполук, що відносяться до продуктів органічного та нафтохімічного синтезу, які мають цінні хімічні та фізико-хімічні властивості. Багато з них є цільовими продуктами, а інші напівпродуктами. Кожен із них в світі потребується десятками та сотнями тон в рік.

Алкілароматичні сполуки широко використовуються в хімії і хімічній технології для отримання полімерних матеріалів, поверхнево-активних речовин, високооктанових добавок до палива. Найбільше значення з алкілароматичних сполук мають етилбензол та ізопропілбензол.

Ізопропілбензол (кумол) –  $C_6H_5-C_3H_7$  отримують алкілуванням бензолу пропіленом. Виробництво кумолу займає 7-8% використання промислового пропілену. Кумол використовують для виробництва фенолу та його похідних, стиролу та  $\alpha$ -метилстиролу, а також ацетону та як добавку в авіаційне паливо для підвищення октанового числа.

В процесі алкілування бензолу пропіленом утворюється побічний продукт диізопропілбензол. З диізопропілбензолу за допомогою процесу трансалкілування можна отримати ізопропілбензол [1].

В Україні на сьогоднішній день кумол не виробляють, так як для виробництва кумолу необхідні великі енергетичні затрати.

Сировиною для промислового ізопропілбензолу є бензол та пропілен.

Метою даного проекту є комп'ютерний розрахунок схеми виробництва ізопропілбензолу, алкілуванням бензолу пропіленом.



# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ОТРИМАННЯ ІЗОПРОПІЛБЕНЗОЛУ

Промисловий процес алкілування бензолу пропіленом відбувається в реакторі алкілування, в якому утворюється ізопропілбензол.

Реакція утворення ізопропілбензолу:

В реакторі алкілування, окрім цільової реакції, протікає і побічна, в результаті якої утворюється диізопропілбензол за реакцією:

Дана реакція є менш ймовірною, але при алкілуванні в залежності від умов диізопропілбензол займає значну частину вихідного реакторного потоку. Диізопропілбензол в наслідок трансалкіляції бензолом можливо перетворити на ізопропілбензол.

Реакція трансалкіляції диізопропілбензолу:

Як видно із приведених рівнянь, в реакторі алкілування протікає 2 реакції [2].

Основними стадіями процесу алкілування бензолу пропіленом є:

- 1) підготовка сировини (змішування бензолу з пропіленом);
- 2) безпосередньо алкілування в реакторі;
- 3) відділення домішок від кумолу.

Відділення домішок від кумолу здійснюється за допомогою ректифікаційних колон, в кожній з яких ми відділяємо домішки в залежності від їх фізичних властивостей, а саме температури кипіння. Так як на виробництво подається чистий бензол, а пропілен має до 10% домішок пропану, в першій ректифікаційній колоні виділяємо пропан, в другій ректифікаційній колоні виділяємо непрореагований бензол і повертаємо його рециклом до змішувача, третя колона розділяє кумол з диізопропілбензолом.

Загальний вигляд схеми алкілування бензолу пропіленом представлена на рис. 1.1.

Пропілен з домішкою пропану до 10% змішують з бензолом. Потім суміш нагрівають до 100 °C в теплообміннику 1, і подають в реактор алкілування 2. В реакторі внаслідок екзотермічної реакції алкіляції підіймається температура,

тому в сорочку реактора необхідно подавати воду для охолодження суміші, та підтримки температури 90 - 100 °С. Після чого вихідний потік з реактора нагрівають до 150 °С в теплообміннику 3, і подають на вхід ректифікаційної колони 5. Температура в конденсаторі 34 °С, тому пропан має температуру 34 °С. Вихідний потік суміші з ректифікаційної колони 5 має температуру близько 200

°С. Потік охолоджують до 90 °С в теплообміннику 7, і подають на вхід ректифікаційної колони 9, де відділяють бензол, що не прореагував в рецикл, та охолоджують його в теплообміннику 11 до температури 20 - 30 °С, після чого його нагнітають за допомогою насосу 12. Вихідний потік суміші має температуру менше 170 °С і його подають до ректифікаційної колони 14. В ректифікаційній колоні відділяють кумол від дізопропилбензолу. Температура потоку кумолу близько 100 °С, а дізопропилбензолу 150 - 160 °С. Остання ректифікаційна колона забезпечує 99,9% чистоту кумолу [3].

### **Аналіз структури ХТС**

Схема виробництва складається зі змішувача реактора і трьох ректифікаційних колон рис 1.1. Схема має 1 рецикл непрореагованого бензолу.

Вхідними потоками схеми є потоки: 1 – бензолу; 2 – пропілену з домішкою пропану до 10% . Вихідними потоками схеми є потоки: 5 – пропану; 9 – кумолу та 10 – дізопропилбензолу.

Визначимо кількість речовини в кожному з потоків, та на основі цього визначимо параметричність потоків.

Розглянемо метод виділення комплексів на основі матриці суміжності [4]:

Далі використовуємо логічне множення матриці  $C$  і  $C$  транспонованої:

Для розрахунків користуємося програмним пакетом MATLAB.

MATLAB - це досить простий засіб для роботи з математичними матрицями, побудови функцій, роботи з алгоритмами, створення робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. Хоча цей продукт спеціалізується на чисельному обчисленні, спеціальні інструментальні засоби

працюють з програмним забезпеченням Maple, що робить його повноцінною системою для роботи з алгеброю. MATLAB надає користувачеві велику кількість функцій для аналізу даних, які покривають майже всі області математики.

Спочатку знайдемо комплекси, для цього складемо матрицю суміжності:

Вирішимо задачу пошуку комплексів у ХТС, використовуючи алгоритм на основі зведення матриці  $A$  у степені в командному режимі Matlab.

Логічне множення матриць

Аналізуючи отриману матрицю, бачимо 1 нульовий потік (5) і один комплекс:

Попередня послідовність розрахунку схеми:

Формуємо список суміжностей:

На градереві контури визначимо за висячими вершинами:

Визначимо матриці контурів:

Аналізуючи параметричність потоків, розривати краще:

Для знаходження оптимального порядку розрахунку системи розриваємо рецикл 7, тоді розрахунок апаратів проводимо в наступному порядку:

## 2 КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ ПРОЦЕСУ

### 2.1 Теоретичні засади розрахунку МТБ

Метою функціонування будь – якої виробничої системи є отримання продуктів в необхідній кількості і необхідної якості при оптимальному використанні ресурсів. Для розв'язання цих задач використовують різні методи, в основі яких лежить матеріальний баланс, який зв'язує витрату сировини з кількістю отриманого продукту [5].

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів передбачає визначення степенів свободи, розрахунок матеріальних та теплових балансів (МТБ), 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.

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 граючої пари і 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 сировина, 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 і матеріалів, що поступають на переробку, а праву – маса продуктів, що покидають апарат, і виробничі втрати:

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

## **2.2 Розрахунок матеріальних балансів процесу отримання ізопропілбензолу**

У даному розділі виконується комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів процесу отримання ізопропілбензолу визначення загальних та покомпонентних витрат, складів потоків. Початкові дані до розрахунку матеріальних балансів наведено в таблиці 2.1.

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів було виконано в програмі-симуляторі Hysys 3.2. Розроблена схема наведена на рисунку 2.1.

За допомогою вище наведеної схеми рис. 2.1, складеної в програмі-симуляторі, розраховані матеріальні баланси отримання ізопропілбензолу, які можна представити наступним чином (табл. 2.3 – 2.8):

Як видно з отриманих результатів, матеріальний баланс розраховано вірно. В додатку А наведені таблиці матеріального балансу програмі-симулятора HYSYS 3.2.

## 3 РОЗРОБКА МОДУЛЯ ПРОЕКТНОГО РОЗРАХУНКУ ПОЛИЧКОВОГО РЕАКТОРА

### *3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля*

Розрахунковий модуль призначений для комп'ютерного моделювання процесу алкілування бензолу пропіленом, в поличковому реакторі ідеального витіснення.

Вихідними даними для розрахунку є:

1. Температура протікання процесу (температура в реакторі), для розрахунку константи швидкості ( $T$ , °K).
2. Початкові концентрації пропілену та бензолу ( $C$ , Кмоль/м<sup>3</sup>).
3. Витрата суміші на вході в реактор ( $F$ , м<sup>3</sup>/с).
4. Кінцева концентрація пропілену, гранична умова розрахунку (Кмоль/м<sup>3</sup>).
5. Діаметр ( $D$ , м) реактора.

Результатами розрахунку є:

6. Кінетичні криві реакції в залежності від часу перебування в реакторі.
7. Необхідний час перебування сумішей в реакторі (с).
8. Конструктивні параметри реактору:
  - довжина ( $L$ , м);
  - реакційний об'єм ( $V$ , м<sup>3</sup>).

Середовище для реалізації обчислювального модуля Visual Basic 2012.

### **3.2 Математичне забезпечення обчислювального модуля**

Алкілування – хімічна реакція, внаслідок якої до органічного ядра приєднується алкіл (метил, етил, бутил пропіл та ін.). Реакцію алкілування зазвичай проводять при температурі 90 - 100 °С.

Процес алкілування здійснюється в реакторах різних конструкцій. В більшості випадків реакцію алкілування проводять в трубчастих реакторах. Такі

реактори мають просту конструкцію, і описуються математичною моделлю ідеального витіснення. Процес алкілування екзотермічний, тому для підтримки температури в діапазоні 90 - 100 °С, реактори виробляють з сорочкою, і подають в сорочку агент для охолодження суміші. В результаті цього в реакторі проходить ізотермічний процес.

Проектний розрахунок включає в себе визначення основних конструктивних параметрів апарату, таких як довжина, діаметр та реакційний об'єм реактору. Процес алкілування специфічний, тому для нього немає нормального ряду реакторів, і кожен з реакторів конструюється під замовлення.

В реакторі ідеального витіснення приймається поршневе просування без змішування вздовж потоку при рівномірному розподілі реакційної маси у напрямку перпендикулярному рухові. Час перебування в реакторі усіх часток однаковий і дорівнює відношенню об'єму реактору ідеального витіснення до об'ємної витрати газу або рідини [6].

Рівняння матеріального балансу для реактора ідеального витіснення в загальному випадку має вигляд:

У статичному ізотермічному режимі процес у реакторі ідеального витіснення достатньо описати тільки рівнянням покомпонентного матеріального балансу:

Прийнято наступні припущення:

1. довжина реактора набагато більша за діаметр;
2. кожна частинка потоку рухається тільки в одному напрямі по довжині реактору, зворотне перемішування відсутнє;
3. відсутнє поперечне перемішування;
4. розподіл речовин в поперечному перерізі рівномірний;
5. кожен елемент елементарного об'єму  $dV$  рухається по довжині реактору і поводить себе як поршень в циліндрі.
6. процес проходить в ізотермічному режимі.

Для розрахунку конструктивних параметрів реактору, спочатку дослідимо кінетику хімічних реакцій, що протікають в реакторі.



В реакторі протікає дві реакції, реакція утворення ізопропілбензолу: та побічна реакція в результаті якої утворюється діізопропілбензол: Відповідно до рівняння (3.3) запишемо кінетику даних реакцій:

Розв'язком даної системи диференціальних рівнянь буде значення концентрацій компонентів в залежності від часу перебування в реакторі (часу протікання реакції).

Розв'язавши дану систему рівнянь, визначаємо час, необхідний для повного використання пропілену, та на основі даного часу визначаємо необхідний реакційний об'єм за формулою:

Так, як моделюючий реактор поличковий, то маємо геометричну фігуру – циліндр. На основі цього з формули об'єму циліндра (3.8) виражаємо довжину реактора (3.9), та радіус (3.10).

Як видно з формул, діаметр та довжина реактора взаємопов'язані, тому при розрахунку однієї з величин задаємося іншою.

### **3.3 Керівництво користувача програмного модуля**

Графічний інтерфейс користувача, який відкривається при завантаженні програми наведено на рис. 3.1.

Як видно з рис. 3.1, головне вікно містить поля для вводу вихідних даних. В якості десяткового розділювача використовується кома. При цьому слід звертати увагу, на розмірності величин, що вказані напроти полів вводу.

Константи швидкості помножені на  $10^{-4}$  та  $10^{-6}$ . При введенні константи швидкості, необхідно ввести значення в  $10^4$  та  $10^6$  більше.

Головне вікно програми має кнопку «Розрахунок». Після введення всіх необхідних для розрахунку даних необхідно натиснути кнопку «Розрахунок».

Як видно з рис. 3.2 розрахована довжина реактора 10.28 м, тому вісь X на графіку відповідає цьому значенню. В даному вікні рис. 3.1 графічно представлені кінетичні криві хімічних реакцій, що проходять в реакторі.

Слід пам'ятати, що процес в реакторі буде описуватись моделлю ідеального витіснення при одній з умов, що довжина реактора буде набагато більша за діаметр.

Для завершення роботи з програмою натисніть кнопку «Вихід».

Проведені розрахунки співпадають з розрахунками, проведеними в програмі-симуляторі HYSYS.

За результатами комп'ютерного моделювання було визначено основні конструктивні розміри апарата, які було використано при побудові креслення загального вигляду.

## 4. РОЗРОБКА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ КУМОЛУ

Розробка системи автоматизації є одним із найважливіших етапів проектування виробництва, оскільки на даному етапі визначають основні параметри процесів, що проходять під час виробництва, та методи підтримки цих параметрів на заданому рівні. Підтримка необхідних значень параметрів, для хімічної технології, є дуже важливим, так як хімічні процеси є дуже специфічними і недотримання технології на одному з етапів виробництва може призвести як до великих економічних втрат, так і до техногенної катастрофи.

В процесі виробництва кумолу важливим є:

- співвідношення речовин бензолу та пропілену в реакторі, за недостатньої кількості бензолу в реакторі, пропілен буде не весь реагувати в даному об'ємі, що призведе до розбалансу системи;
- реакція алкілування екзотермічна, а температура в реакторі не повинна перевищувати 110 °С;
- для проведення процесу ректифікації підтримка температур в необхідних діапазонах, рівень НКК, витрата флегми та контроль тиску в колоні.

На підставі даного аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, обрано об'єкти автоматизації, обрано регульовані і регулюючі параметри, визначено параметри контролю. Для обраних параметрів було визначено необхідну точність вимірювання і регулювання (норми технологічного режиму) та діапазони їх можливої зміни. В процесі виробництва кумолу використовуються вибухонебезпечні речовини, тому автоматизацію виробництва необхідно проводити за допомогою спеціальних вибухобезпечних приладів та виконавчих механізмів.

Дані про необхідні параметри регулювання та контролю виробництва наведено в таблиці 4.1.

На основі обраних контурів було розроблено функціональну схему автоматизації, наведену на плакаті 2. У специфікації приведені позиції

технічних засобів згідно із функціональною схемою автоматизації, найменування та повну технічну характеристику, загальну кількість однотипних одиниць, завод-виробник. Специфікація представлена у вигляді табл. Г.1, що наведена в додатку Г.

Необхідні технічні засоби (первинні та проміжні перетворювачі, вторинні прилади, регулятори, виконавчі механізми тощо) підбирались за допомогою сайтів [7 - 10].

## **4.2 Опис схеми автоматизації**

### **Регулювання температури**

Для вимірювання температури (поз. 1-1, 3-1, 5-1, 5-1, 7-1, 8-1, 9-1, 10-1, 11-1) обрано термометр опору з чуттєвим елементом Pt100, THERMOCONT TT05A0DEx (вибухобезпечний) діапазон вимірювання температури (-50)...200 °С, з довжиною монтажної частини 60 мм – призначений для вимірювання температури у рідких, газоподібних та сипучих речовинах, шляхом перетворення опору у уніфікований вихідний сигнал 4...20 мА.

Для вимірювання температури (поз. 4-1 і 2-1) можна використовувати термометр опору з чуттєвим елементом Pt100, TMT 162R B3B42N32XF (вибухобезпечний), що дозволяє вимірювати температуру в діапазоні (-200) ... 600 °С, з довжиною монтажної частини 200 мм, з вихідним сигналом 4...20 мА.

В якості регулятора для всіх контурів було обрано цифровий контролер температури PXG9 EYY10NY0, з вхідним сигналом 4...20 мА та вихідним сигналом 4-20 мА. Регулятор здійснює регулюючий вплив на відповідний електричний виконавчий механізм SAExC 16.1, призначений для переміщення одно- та двосидельних регулюючих органів.

### **Контроль тиску**

Для контролю тиску (поз. 12-1, 13-1, 14-1) обрано мембранний перетворювач тиску PMP 75 – 1AA2S25M3GAA (вибухобезпечний), розрахований на тиск до 4 МПа; з вихідним сигналом 4...20 мА.

В якості показникового приладу для цих контурів було обрано універсальний вимірювач-регулятор ТРМ 10-1.У.ИТ, з вхідним сигналом 4...20 мА.

### **Регулювання витрати**

Для вимірювання витрати в трубопроводах використана ультразвукова система вимірювання витрати Prosonic Flow 93PEx; діапазон робочих температур (-40)...170 °С; для діаметрів ДУ 50...4000, з вихідним сигналом 4...20 мА, вибухобезпечна.

Для регулювання витрат (поз. 15-1, 16-1, 17-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 25-1, 26-1) використано універсальний вимірювач-регулятор ТРМ 10-1.У.ИТ, з вхідним та вихідним сигналом 4...20 мА. Регулятор здійснює регулюючий вплив на відповідний електричний виконавчий механізм SAExC 16.1, призначений для переміщення одно- та двосидельних регулюючих органів.

### **Регулювання рівня**

Для вимірювання рівня НКК (поз. 21-1, 22-1, 23-1) використано мікрохвильовий рівнемір з «рупорною» антеною Micropilot MFMR 230 - 12GCM2BC2A (вибухобезпечний); температурний діапазон середовища (-80)...400 °С; робочий тиск до 10 МПа; діапазон вимірювання 0-20 м; з вхідним сигналом 4...20 мА.

Рівень НКК (поз. 21-2, 22-2, 23-2) регулюється універсальним вимірювачом-регулятором ТРМ 10-1.У.ИТ, 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. Регулятор здійснює регулюючий вплив на відповідний електричний виконавчий механізм SAExC 16.1, призначений для переміщення одно- та двосидельних регулюючих органів.

Розроблена схема автоматизації процесу отримання ізопропилбензолу була розроблена згідно з технічним регламентом.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Технологічний об'єкт, що розглядається – виробництво ізопропілбензолу, містить в обігу шкідливі, вибухонебезпечні речовини. Також в даному об'єкті передбачено використання електроенергії та теплової енергії. Тому доцільно розглянути, які засоби та заходи щодо створення на об'єкті здорових і безпечних умов праці і пожежної безпеки необхідно використати..

### ***5.1 Повітря робочої зони***

Роботи, що виконувались в цеху по важкості відносяться, відповідно [1], до категорії Па. Санітарні та фактичні норми параметрів мікроклімату для робіт, які виконуються в приміщенні, наведені в таблиці 6.1.

З метою забезпечення нормативних рівнів параметрів мікроклімату і чистоти робочої зони передбачені наступні засоби та заходи: механізація і автоматизація тяжких і працемістких робіт; дистанційне управління процесами й апаратами; раціональне розміщення устаткування, агрегатів і т. п.; наявність теплоізоляції устаткування, агрегатів, комунікації й інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

### ***5.2 Виробниче освітлення***

Згідно ДБН В.2.5-28-06 роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VIII-б.

У приміщенні цеху передбачено використання природного, штучного, суміщеного та локалізованого освітлення.

Природне освітлення являє собою комбіновану систему поєднання верхнього й бокового освітлення. Штучне освітлення представлено системою, в якій світильники розміщують у верхній зоні приміщення.

У таблиці 6.3 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, евакуаційна, ремонтна, охоронна. Для виконання ремонтних робіт проектом передбачені переносні електричні світильники. При відключенні робочого освітлення передбачається система аварійного освітлення.

У вибухонебезпечних зонах проектом передбачене використання пилозахисних люмінесцентних світильників. Для виміру й контролю освітленості в приміщеннях застосовують люксметри Ю-117 з періодичністю виміру 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок та заміни ламп.

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.

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 [3]. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

Знаючи індекс приміщення  $I$  знаходимо значення  $\eta$ .

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку:

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

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.

### ***5.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій***

Джерелами вібрації на виробництві, що проектується, є наступне устаткування: електродвигуни, вентилятори. Джерелами шумів на виробництві є реактор, ректифікаційні колони, насоси.

У виробничих приміщеннях прийнята норма рівня звуку становить 80 дБА. Допустимий рівень вібрації в приміщенні для 1-го ступеня шкідливості - до 3 дБ, для 2-ої ступені шкідливості - до 3,1 дБ, для 3-ї ступені шкідливості - більше 3,1 дБ. Дане виробництво належить до 2-го ступеня шкідливості по вібрації.

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 віброуюче устаткування встановлюють амортизатори, виготовлені зі сталевих пружин.

В якості індивідуальних засобів захисту від шуму згідно з [6] 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 резиноюю підшвою. Для вимірювання шуму та вібрації використовується вимірювач шуму та вібрації марки ВШВ-003.

#### **5.4 Електробезпека**

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  $I_l = 6$  мА,  $U_{dot} = 36$  В; при нормальному режимі роботи електричного обладнання  $I_l = 0,3$  мА,  $U_{dot} = 2$  В.

Згідно з [8] порівнюють розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму:

Напруга дотику розраховується за формулою:

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.

### ***5.5 Безпека технологічних процесів та обладнання***

Виробництво алкілування відноситься до вибухонебезпечних виробництв тому, що процес відбувається при високих температурах і великих тисків, високих електричних напругах в високовольтних насосах, при можливій наявності горючих та токсичних нафтопродуктів та їх парів.

На основі аналізу схеми виробництва було визначено, що основними джерелами екологічної небезпеки є ректифікаційні колони, так як вони працюють під високим тиском та при великій температурі.

Виробництво має вихідні трубопроводи: трубопровід пропану, трубопровід діізопропілбензолу та трубопровід ізопропілбензолу (кумолу).

Пропан є вибухонебезпечним, область займання 2,1 – 9,5% об. за нормальних умов, температура самозаймання 466 °С. Пропан транспортується на подальшу переробку та очистку. Пропан слід транспортувати залізничним, автомобільним та водним транспортом відповідно до правил перевезення небезпечних грузів та правил експлуатації ємкостей працюючих під надлишковим тиском [16].

Ізопропілбензол вважається небезпечним завдяки своїм властивостям: температура спалаху 34 °С; температура самозаймання 424 °С; область займання 0,9 – 6,5 % об.. При роботі з ізопропілбензолом необхідно виконувати правила захисту від статичної електрики. Ізопропілбензол є продуктом даного виробництва. Зберігають його в сталевих резервуарах під шаром азоту, та транспортують в рідкому вигляді, в металевих цистернах, залізничним транспортом. Заповнюють цистерни з розрахунком об'ємного розширення продукту в результаті перепаду температур [14].

Діізопропілбензол використовується як сировина для отримання ізопропілбензолу, трансалкіляцією. Тому діізопропілбензол транспортується на

подальшу переробку. Методи транспортування аналогічні до методів транспортування ізопропілбензолу [15].

### ***5.6 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.

У таблиці Д.1 (додаток Д) наведені показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів і класифікація цеху за пожежо- і вибухонебезпечністю [9,10]. При проектуванні цеху передбачені запобіжні заходи: розділення споруди протипожежними перекриттями на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, між будинками передбачені протипожежні розриви 10 м, протипожежний водопровід, пожежні крани, ємності з піском і пожежні щити, вогнегасники типу ВВ, ВХП; змонтована автоматична пожежна сигналізація, захист ізоляції від теплового, механічного впливу.

Для підігрівачів передбачено застосування запобіжних пристроїв (мембран, клапанів). Всі електроустановки оснащені плавкими запобіжниками від струмів короткого замикання.

Встановлюється охоронно - пожежна сигналізація автоматичного типу. Перед початком роботи трубопроводи будуть продуватись повітрям з перевіркою результатів продувки. Для захисту електроустаткування від загоряння використовують регулярне технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

## 6. ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Оскільки в процесі виробництва ізопропілбензолу постає питання про розрахунок конструктивних параметрів реактора алкілятора, в залежності від продуктивності виробництва, є доцільним створення програмно-розрахункового модуля, який би проводив розрахунки основних параметрів реактора алкілування.

Для економічного обґрунтування НДР необхідно розрахувати основні техніко економічні показники: собівартість; прибуток; капіталовкладення; рентабельність; коефіцієнт економічної ефективності; фондоемність; фондovіддача [17].

Собівартість – витрати на виробництво і реалізацію товару (послуги або виконання роботи) в грошовому вигляді. Розраховується за формулою (6.1):

Основні фонди (ОФ) – це засоби праці, які багаторазово приймають участь у виробничому процесі, частково або повністю зберігають свою натуральну форму і їх вартість переноситься на вартість готової продукції частинами у вигляді амортизації.

До ОФ відносять: будівлі і споруди; транспорт; машини і обладнання; господарський і виробничий інвентар; нематеріальні активи (ліцензії, сертифікати і т. д.).

Амортизація - це процес поступового перенесення вартості основних фондів на вартість продукції в міру зносу.

Грошовим вираженням амортизації є амортизаційні відрахування (6.2).

Повна початкова вартість ОФ – вартість ОФ до моменту запуску їх у виробництво (придбання, створення).

Норма амортизації - це відсоток амортизаційних відрахувань від балансової вартості основних фондів. Норма амортизації встановлюється податковим законодавством.

За нормами амортизації ОФ діляться на 4 групи:

1. будівлі і споруди <2%;
2. автомобілі, транспорт, прилади і обладнання <10%;
3. машини та обладнання, виробничо-господарський інвентар, що не входять в 1,2 та 4 групи <6%;
4. комп'ютерна техніка, програми, нематеріальні активи, автоматизовані системи <15%.

Прибуток – частина отриманих грошей від продажу продукції (послуги чи роботи), яка залишається на підприємстві.

Рентабельність виробництва:

Термін повернення капіталовкладень:

Коефіцієнт економічної ефективності:

Фондовіддача виробничих фондів:

Фондоємність:

При розрахунку амортизації слід врахувати той факт, що термін експлуатації ОФ становитиме півроку (місяць на безпосередню розробку і 5 місяців на реалізацію програми на ринку).

Обігові кошти включають: оборотні фонди та розрахунки. Оборотні фонди підприємства – матеріальні і фінансові активи, які повністю використовуються у виробничому процесі, а їх вартість переносить на вартість готової продукції повністю і одразу. Розрахунки – гроші у будь-якому вигляді.

Форма оплати праці розробника – відрядна, консультанта – акордна. Фонд оплати праці включає: заробітню плату розробника 1300 грн; заробітню плату консультанта 700 грн 20 робочих годин з оплатою 35 грн/год); відрахування у фонд соціальних заходів  $(1300 + 700) \cdot 0,37 = 740$  грн.

Продаж розрахункового модуля, буде реалізовуватись на ринку колишніх країн СНД. Основний ринок зосередиться в Росії та Україні. З даних міркувань, необхідно вивчити ринок, та визначити попит. Даний розрахунковий модуль можуть купувати як підприємства які уже мають виробництво кумолу, для

розрахунку модернізованої системи виробництва, так і підприємства хімічної промисловості, що мають можливість створити таке виробництво.

В Україні до підприємств, яких може зацікавити даний розрахунковий модуль, за даними [18-19], відносяться:

1. ТОВ «РТИ Химпром»;
2. ЗАТ «Завод тонкого органического синтеза «БАРВА»»;
3. ТОВ «Амид-С»;
4. ЗАТ «Северодонецкое объединение Азот»;
5. ТОВ «Диол»;
6. ТОВ «Химконтинент»;
7. Горловский концерн «Стирол»;
8. [«Маркохим»](#) в складі «Азовсталь»;
9. ЗАТ «ХЭРМЗ»;
10. ВАТ «Днепроазот»;
11. ТОВ «Строн»;
12. ЗАТ «Київський експериментальний завод побутової хімії»;
13. «Досвідчене виробництво інституту органічної хімії АН України»;
14. ТОВ «Химлаборреактив».

В Росії до підприємств, яких може зацікавити даний розрахунковий модуль, за даними [20], відносяться:

1. ВАТ «Сибур Холдинг»;
2. ВАТ «Салаватнефтеоргсинтез»;
3. ТОВ «ХИМПРОДУКТ»;
4. ТОВ «Диалог-бизнес»;
5. ВАТ «Топливные технологии»;
6. ТОВ «Реафарм»;
7. ТОВ «Витэк»;
8. ТОВ «Данара-Капитал»;
9. ТОВ «ТатХимПродукт»;

10. ТОВ «Альфа-синтез»;

11. ТОВ «Альфа-Регион»;

12. ТОВ «Миссия»;

В Білорусії до підприємств, яких може зацікавити даний розрахунковий модуль, за даними [20], відносяться:

1. ВАТ «Нафтан».

З перелічених вище зацікавлених підприємств потенційними покупцями можуть бути лише третя частина. З цих міркувань планується протягом півроку продати десять екземплярів програми, вартістю 5000 грн.

Розрахуємо рентабельність за формулою (6.4):

Розрахуємо термін повернення капіталовкладень за формулою (6.5):

Знайдемо коефіцієнт економічної ефективності за формулою (6.6):

Розрахуємо фондвіддачу за формулою (6.7):

Знайдемо фондоємність за формулою (6.8):

Розраховані основні техніко – економічні показники наведені в таблиці 6.3.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що розробка обчислювального модуля є економічно доцільною і вигідною.

## ВИСНОВКИ

В даному бакалаврському проекті був розглянутий процес отримання ізопропілбензолу алкілюванням бензолу пропіленом. Виконуючи роботу було розглянуто та вирішено наступні задачі:

1. Проведено аналіз структури ХТС, в результаті якого було визначено послідовність розрахунку схеми.

2. За допомогою програми-симулятора HYSYS 3.2 виконано комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів схеми.

3. Відповідно до технічного завдання розроблено обчислювальний модуль для проектного розрахунку основних конструктивних параметрів трубчастого реактора алкілювання, та визначено діаметр (0.4 м) і довжину реактора (11 м). Розрахунки проведені за допомогою обчислювального модуля, співпадають з розрахунками, проведеними в програмі-симуляторі HYSYS 3.2.

4. Виходячи з аналізу основних технологічних параметрів виробництва, була розроблена схема автоматизації, підібрані необхідні комплекти приладів.

5. Визначено основні джерела екологічної небезпеки виробництва ізопропілбензолу та методи запобігання викиду шкідливих речовин.

6. Проведено економічне обґрунтування створення обчислювального модуля, та визначено, що розробка обчислювального модуля є економічно доцільною та вигідною.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Колесников, И. М. Алкилирование бензола пропиленом в присутствии алюмосиликатных катализаторов [Текст] / И. М. Колесников, Е. П. Бабин. – К.: Вища школа, 1980. – 224 с.
2. Андреас, Ф. Химия и технология пропилена [Текст] / Ф. Андреас, К. Греббе. – Л.: «Химия», 1973. – 368 с.
3. Теддер, Дж. Промышленная органическая химия [Текст] / Дж. Теддер, А. Нехватал, А. Джубб. – М.: 1977. – 704 с.
4. Бугаєва, Л. М. Аналіз та синтез хіміко–технологічних систем [Текст] / Л. М. Бугаєва, Ю. О. Безносик, Г. О. Статюха. – К.: Політехніка, 2006. – 128 с.
5. Кузнецова, И. М. ОХТ Материальный баланс химико-технологического процесса [Текст] / И. М. Кузнецова, Х. Э. Харлампида, Н. Н. Батыршин. – М.: Логос, 2007. – 264 с.
6. Холоднов, В. А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учебное пособие [Текст] / В. А. Холоднов, В. П. Решетиловский, М. Ю. Лебедева, Е. С. Боровинская. – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. – 425 с.
7. Оборудование КИПиА - датчики давления, уровнемеры, манометры, расходомеры, газоанализаторы, теплосчетчики, датчики уровня, преобразователи давления [Электронный ресурс] / НПО "РИЗУР" // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: <http://rizur.ru/>.
8. Газовые, электрические отопительные котлы. Шаровые краны. Теплообменники. Naval, Danfoss, Grundfos [Электронный ресурс] / ВАТ «Компания Комси» // Каталог обладнання. – 1998. – Режим доступу до каталогу: <http://www.comsy.ru/>.

9. Датчики воложності, терморегулятори, термопары. КИПиА от производителя [Електронний ресурс] / **НВК «Рэлсиб»** // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: <http://www.relsib.com/>.
10. КИПиА - контрольно измерительные приборы: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, терморегуляторы. Датчики температуры, давления и уровня производство КиП ОВЕН Украина Харьков [Електронний ресурс] / **Компания ОВЕН** // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: <http://owen.com.ua/>.
11. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств [Текст] / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев. – М.: Вища школа, 2001. – 319 с.
12. Бензол нафтовий.: ГОСТ 9572-93. – [Чинний від 1993-10-21]. – М.: Міжнародний стандарт 2000. – 6 с.
13. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.: ГОСТ 12.1.005-88. – [Чинний від 1989-01-01]. – М.: Міжнародний стандарт 2002. – 71 с.
14. Ізопропілбензол технічний.: ГОСТ 20491-75. – [Чинний від 1986-05-05]. – М.: Міжнародний стандарт 1986. – 23 с.
15. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки.: ГОСТ 12.1.007-76. – [Чинний від 1976-03-10]. – М.: Міжнародний стандарт 1999. – 4 с.
16. Газы углеводные сжиженные.: ГОСТ 20448-90. – [Чинний від 1992-01-01]. – М.: Міжнародний стандарт 1992. – 7 с.
17. Покропивний, С. Ф. Економіка підприємства [Текст] / С. Ф. Покропивний. – К.: КНЕУ, 2003. – 608 с.

18. GOROD.ua - выбор товаров и партнеров с удовольствием [Електронний ресурс] / GOROD.ua // Інформація про міста в Україні. – 2001. – Режим доступу до інформаційного сайту: <http://www.ukr-info.net>.
19. Каталог предприятий Украины. Бизнес каталог предприятий Украины – TradeUkraine [Електронний ресурс] / ВАТ «Укриндекс» // Каталог підприємств в Україні. – 2002. – Режим доступу до каталогу: <http://www.tradeukraine.com>.
20. Химическая отрасль России и стран СНГ — каталог компаний [Електронний ресурс] / «ПромоПрофи» // Каталог підприємств Росії та країн СНД. – 2009. – Режим доступу до каталогу: <http://www.him-prom.su>.