

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП	10
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ	
ВИРОБНИЦТВА МЕТАНАЛЮ ОКИСНЕННЯМ МЕТАНОЛУ	11
1.1 Опис процесу виробництва метанолу окисненням метанолу	11
1.2 Опис технологічної схеми	12
2 КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ	
ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ФОРМАЛЬДЕГІДУ ОКИСНЕННЯМ	
МЕТАНОЛУ	14
3 АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК КОМБІНОВАНОГО	
РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ МЕТАНАЛЮ ОКИСНЕННЯМ	
МЕТАНОЛУ	21
3.1 Технічне завдання на створення технічного модуля.....	21
3.2 Розробка моделі комбінованого реактора синтезу	22
3.3 Програмний модуль для розрахунку математичної моделі процесу	
окислення метанолу	27
3.4 Інструкція користувачу програмного продукту	28
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ	
ВИРОБНИЦТВА МЕТАНАЛЮ	31
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми	31
4.2 Визначення параметрів автоматизації	32
4.3 Опис схеми автоматизації	32
5 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ	35

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу отримання метанолу окисненням метанолу	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Коноваленко				7	116	
<i>Перевір.</i>						КПІ ім. Ігоря Сікорського ХТФ, гр. ХА - 61		
<i>Н. Контр.</i>		Шахновськи						
<i>Затверд.</i>		Бугаєва						

5.1 Підприємство у промисловій структурі держави	35
5.2 Організаційна структура цеху	35
5.3 Класифікація виробничих процесів	36
5.4 Види руху предметів праці	36
5.5 Середньорічні показники роботи цеху	39
5.6 Кількість одиниць обладнання і робітників	41
5.7 Контроль виробництва	42
5.8. Оборотні засоби цеху.....	43
5.9 Розрахунок основних засобів цеху.....	44
5.10 Техніко-економічні показники цеху	46
5.11 Розрахунок цеху з урахування автоматизації	47
5.12 Техніко-економічні показники цеху	49
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проектується. Заходи з охорони праці.....	52
6.1.1 Повітря робочої зони.....	52
6.1.2 Виробниче освітлення	55
6.1.3. Виробничий шум і вібрація	57
6.1.4 Електробезпека.....	58
6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	60
6.2 Пожежна безпека.....	61
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	66
ДОДАТКИ.....	69
Додаток А.....	69
Додаток Б.	70
Додаток В.....	71
Додаток Г.	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВРПП – вид руху предмету праці;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСН – державні санітарні норми;

ОБЗ – оборотні засоби;

ОФ – основні фонди;

П - регулятор – пропорційний регулятор;

ПВХ – полівінілхлорид;

ПІД - регулятор – пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор;

ПЗ – програмне забезпечення;

РІВ– реактор ідеального витіснення;

ФОП – фонд оплати праці.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Метаналь (формальдегід, мурашиний альдегід) – хімічна речовина з формулою HCHO , найпростіший з альдегідів. Формальдегід представляє собою безбарвний газ з різким та специфічним запахом, з температурою кипіння -19.2°C , температурою плавлення -118°C та густиною 0.8153 г/см^3 . Формальдегід добре розчиняється у воді, спиртах та полярних розчинниках, обмежено розчинна в бензолі, ефірах та хлороформі.

Речовина також має здатність утворюватися в природніх умовах, при фотохімічному окисненні метану або метанолу, при атмосферному тиску та за відсутності каталізаторів.

Формальдегід виробляють в дуже великих масштабах, близько 8 млн тон на рік. Практично увесь товарний формальдегід випускається у вигляді воднометанольних розчинів. Найбільшого поширення набув продукт, що містить 35—37 % формальдегіду і 6—11 % метанолу — формалін, який використовується як дезінфікуючий та фіксуєчий засіб. Метаналь широко використовують для виробництва феноло-, карбамідо-, і меламінформальдегідних смол, які використовуються у виробництві ДСП, фанер, меблів. Також з них виробляють формувальні матеріали. Отримані смоли використовують як допоміжні реагенти у текстильній та шкіряній промисловості, виробництві гуми і цементу. В хімічній промисловості метаналь використовують для виробництва інших хімікатів, так як він є цінним одновуглецевим «будівельним блоком». Велика частина формальдегіду витрачається на медичні цілі: для консервації біологічних матеріалів і дезінфекції.

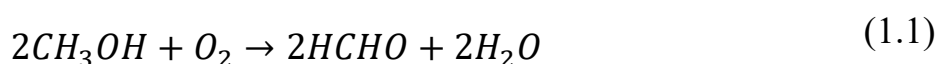
Метою дипломного проекту є дослідження процесу отримання формальдегіду, його основних технологічних параметрів, розрахунок матеріальних балансів, розробка програмного модуля для розрахунку комбінованого реактора, розробка функціональної схеми автоматизації виробництва, оцінка техніко-економічних показників та охорона праці.

									ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
										10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МЕТАНАЛЮ ОКИСНЕННЯМ МЕТАНОЛУ

1.1 Опис процесу виробництва метанолу окисненням метанолу

Технологічний процес отримання метанолу шляхом окиснення метанолу є новим та нещодавно реалізованим в промисловості процесом. Даний процес відбувається в присутності каталізатора – срібла, нанесеного на пористий носій (пемзу), за реакцією:



Для кращого отримання формальдегіду окисненням метанолу при атмосферному тиску в якості каталізаторів застосовуються сполуки міді і срібла, що затримують окислення на стадії утворення проміжних продуктів. Більш глибоке окислення може бути також припинено шляхом швидкого видалення продуктів реакції із зони високих температур, для чого газову суміш (метан і кисень) пропускають через контактну масу з великою швидкістю.

При окисненні метанолу при атмосферному тиску отримуємо значно більше формальдегіду ніж метилового спирту; при високому тиску і великому надлишку метанолу в газовій суміші основним продуктом реакції окислення є метиловий спирт [1].

Каталізаторами процесу неповного окиснення метанолу можуть служити також оксиди азоту, що додаються до вуглецевого газу в кількості 1-2% ваги.

Частково відбувається також дегідратування метанолу, кінцевими продуктами якої є формальдегід і водень [1].

Рисунок 1.1 – Функціональна схема виробництва формальдегіду

Метанол, нагріваючись, випаровується, утворюючи з повітрям, яке барботується через рідкий метанол, спиртоповітряну суміш (стадія 1). Щоб уникнути можливої конденсації спирту, суміш нагрівають до 100°C (стадія

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2). На стадії контактного окиснення 3 відбувається реакція каталізу з утворенням формальдегіду. Окрім цільового продукту, внаслідок перебігу побічних реакцій утворюються також невеликі кількості метану, вуглецю (II) оксиду, мурашиної кислоти та інших речовин. Проконтактований газ охолоджується (стадія 4) і подають на стадію абсорбції 5, де формальдегід з газової фази поглинається водою, утворюючи формалін – 33...40 % - й водний розчин формальдегіду [2].

1.2 Опис технологічної схеми

На рисунку 1.2 наведена технологічна схема виробництва формальдегіду з метилового спирту. Потужність установки складає 40 тисяч тон водного 40% - го формальдегіду в рік, а термін її експлуатації становить від 6 до 12 місяців. Суміш, що містить 6,5% (об.) CH_3OH та 11% (об.) O_2 (у вигляді повітря), надходить в трубну частину реактора 2, що заповнена каталізатором. В трубках метиловий спирт перетворюється практично повністю, а тепло що виділяється, повністю знімають та пропускають через сорочку реактора холодоагент. Частина нагрітого холодоагенту охолоджується в котлі-утилізаторі, що дозволяє підтримувати необхідну температуру холодоагенту на вході в міжтрубний простір реактора. Потік газу на виході з трубчастої частини реактора проходить через адіабатичний шар каталізатора, де відбувається доокиснення непрореагованого спирту. В трубчастій частині реактора підтримується температура 360 – 370 °С, а в адіабатичній 380 – 390 °С [3].

Рисунок 1.2– Технологічна схема отримання метанолу шляхом окислення метанолу: I – реактор; II, IV – котел - утилізатор; III – теплообмінник; V – абсорбер; VI – розділювач; VII – змішувач

Газ після реактору охолоджується в теплообміннику 3 та котлі – утилізаторі 4. Далі він направляється в тарілчастий абсорбер 5, який працює

										ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
											12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

в пінному режимі. В верхню частину абсорбера 5 подають воду, а з нижньої частини відводять цільовий продукт. Відхідні гази з абсорбера ділять на дві частини: 25% скидають в атмосферу, а іншу частину повертають у цикл. За цих умов степінь конверсії метилового спирту складає 99%, а селективність по формальдегіду 95%; вихід НСНО сягає 94%. Побічні продукти складаються з невеликої кількості окислів вуглецю та мурашиної кислоти. Цільовий продукт містить приблизно 0,4% метилового спирту та не більше 0,04% мурашиної кислоти [3].

Висновки

В даному розділі було розглянуто та описано технологічну схему отримання метанолу шляхом окислення метанолу.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ФОРМАЛЬДЕГІДУ ОКИСНЕННЯМ МЕТАНОЛУ

У даному розділі представлений комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання формальдегіду шляхом окиснення метанолу, склади потоків, а також витрату кожного компоненту постадійно.

Головною задачею матеріального балансу є розрахунок кількості використаних (введених або заданих) речовин, кількості отриманого продукту, а також побічних речовин. Кількість речовин, введених у виробництво, повинна дорівнювати кількості одержаних речовин. Це визначається на основі стехіометричних рівнянь, що описують окремі стадії виробництва і побічні процеси [4].

Матеріальний і енергетичні баланси дозволяють скласти найбільш раціональну схему виробництва, встановити граничне значення виходу продукції, витрат сировини, енергії, визначити необхідні розміри апаратури, її економічні показники, ступінь досконалості відповідних процесів. При складанні матеріальних балансів необхідно знати склад сировини, продуктів і напівпродуктів, а інколи їх деякі фізико-хімічні властивості і їх зміни в залежності від зовнішніх умов [4].

Для розрахунку матеріального балансу застосуємо пакет програм для моделювання хімічних процесів – ChemCad [5].

Розроблена схема наведена на рисунку 2.1. Вхідні дані для розрахунку матеріального балансу представлено в таблиці 2.1.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Вхідні параметри процесу

Рисунок 2.1 – Схема процесу отримання метанолу шляхом окиснення метанолу

Для розробки схеми були обрані лише ті апарати, які безпосередньо впливають на розрахунок матеріального балансу та є наближеними до реальних. Список використаних апаратів та їх вхідні та вихідні потоки наведені у таблиці 2.2.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 2.2 – Список використаних апаратів

Таблиця 2.3 - Перелік використаних речовин

Для того, щоб вірно налаштувати об'єкти у симуляторі потрібно обрати систему вимірювань СІ та задати речовини, які будуть використовуватись у технологічному процесі.

Для того щоб обрати систему вимірювання в ChemCad потрібно на вкладці Format обрати пункт Engineering Units та обрати Common SI, як зображено на рисунку 2.2.

Рисунок 2.2 – Вікно Engineering Units для налаштування системи вимірювань

Щоб обрати речовини які необхідні для технологічного процесу потрібно перейти до пункту меню ThermoPhysical та обрати Component List. В діалоговому вікні, що зображене на рисунку 2.3 зі списку обираємо потрібні речовини вводячи їх назву, формулу або ж CAS – номер та натискаємо «ОК»

Рисунок 2.3 – Вікно Component Selection для вибору речовин

Наступним кроком є завдання вхідних та вихідних потоків та розміщення потрібних апаратів, які знаходяться на вкладці Edit Flowsheet. Розмістивши всі апарати з'єднуємо їх між собою потоками. Задаємо термодинамічні параметри вхідних потоків (рисунок – 2.4), які визначаються двома параметрами з трьох: температурою, тиском або ж часткою пари. Також вказуємо витрату вхідних компонентів, що були розраховані вище.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.4 – Вікно Edit Streams (завдання параметрів вхідних потоків)

Задавши вхідні потоки, можемо переходити до внесення параметрів апаратів. Для налаштування апарату потрібно натиснути на нього подвійним клацанням миші та обрати або вписати всі необхідні параметри.

Розглянемо налаштування теплообмінників - перший Heatexchanger (2) використовується для нагрівання рідини до температури 200 °С (рисунок 2.5), а інший охолоджує суміш до температури 30 °С (рисунок 2.6).

Рисунок 2.5 – Вікно налаштування теплообмінника Heatexchanger (2)

Рисунок 2.6 – Вікно налаштування теплообмінника Heatexchanger (6)

Модуль Stoichiometric reactor (REAC) моделює стехіометричний реактор при наявності набору стехіометричних коефіцієнтів, ключових компонентів і ступенів перетворення. Реактор може бути адіабатичним, ізотермічним або з підведенням / відведенням тепла [5].

В області Specify Thermal Mode обираємо ізотермічний режим та температуру 400°С. Ключовим компонентом (Key component) обираємо метанол, бо він являється реагентом. Ступінь перетворення ключового компоненту (Frac. Conversion) вказуємо 0.96. У блоці Stoichiometric Coefficients: (Стехіометричні коефіцієнти) задаємо послідовний набір стехіометричних коефіцієнтів: негативних - для реагентів, позитивних - для продуктів та нульових - для речовин, які не приймають участь в реакції. Задання параметрів для реактора зображено на рисунку 2.7

Рисунок 2.7 – Вікно налаштування Stoichiometric reactor (REAC)

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХА6107 1490 001 ПЗ				

Задамо параметри апарату Component Separator як зображено на рисунку 2.8. Задаємо тиск 1,013 МПа та місце розділення – внизу колони.

Рисунок 2.8 – Вікно налаштування Component Separator

Для змішування потоків використовується Mixer (MIXE), що зображений на рисунку 2.9. В даному апараті задається тільки один параметр – тиск. Тиск задаємо 1,013 МПа.

Рисунок 2.9 – Вікно налаштування змішувача (Mixer)

Для розділення потоків використовується модуль Divider. Встановлюємо пропорцію розділення (рис.2.10).

Рисунок 2.10 – Вікно налаштування дільника 5 (Divider)

Рисунок 2.11 – Вікно налаштування дільника 7 (Divider)

Задавши всі потрібні параметри апаратів можемо розрахувати схему і отримати дані матеріального балансу.

Матеріальний баланс схеми, що зображена на рисунку 2.1, наведений в таблицях 2.4 – 2.13. Більш детальний результат по всіх потоках наведено в додатку А.

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс змішувача 1

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс змішувача 3

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс реактора 4

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс розділювача 5

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс абсорбера 7

Таблиця 2.9 – Матеріальний баланс розділювача 8

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс змішувача 9

Таблиця 2.11 – Загальний матеріальний баланс процесу

Як бачимо з таблиці 2.1 вхід та вихід продуктів співпадають, тому матеріальний баланс процесу отримання метанолу розрахований вірно.

Висновки

В даному розділі було виконано розрахунок матеріального балансу технологічної схеми виробництва метанолу (формальдегіду) шляхом окислення метанолу у програмі для моделювання технологічних схем - ChemCad.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3 АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК КОМБІНОВАНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ МЕТАНОЛЮ ОКИСНЕННЯМ МЕТАНОЛУ

Метою даного розділу є проектування комбінованого реактора окислення метанолу в формальдегід в інтегрованому комп'ютерному середовищі Visual Studio 2017 на мові програмування C#.

3.1 Технічне завдання на створення технічного модуля

Розробити програмний модуль для розрахунку комбінованого реактора окислення метанолу в формальдегід. У комбінованому реакторі каталізатор розташований двома шарами. Перший за рухом газового потоку шар знаходиться в трубках трубчатої частини реактора. Через трубок здійснюється відвід тепла за допомогою зовнішнього теплоносія в міжтрубному просторі. Ця частина реактора моделюється як модель ідеального витіснення в політропічних умовах. Після трубчатої частини газова суміш надходить в адіабатичний шар каталізатора. Для розрахунку параметрів адіабатичної частини реактора використовується модель ідеального витіснення.

Вихідні дані для розрахунку:

1. Початкові концентрації метанолу (формальдегід), метанолу, кисню та води, $\frac{\text{моль}}{\text{м}^3}$;
2. Початкова температура в реакторі, К;
3. Лінійна швидкість реакційної суміші, м/с;
4. Середня густина реакційної суміші, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;
5. Середня теплоємність реакційної суміші, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;
6. Теплові ефекти реакцій, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

Результати розрахунку:

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

1. Розподіл концентрацій метанолу (формальдегід), метанолу, кисню та води по довжині реактора, $\frac{\text{моль}}{\text{м}^3}$;
2. Довжина реактора, м;
3. Зміна температури в політропічній і адіабатичній частинах реактора по його довжині, К;
4. Графічна залежність зміни температури від довжини реактора;
5. Графічна залежність зміни концентрації від довжини реактора.

3.2 Розробка моделі комбінованого реактора синтезу

Математичне моделювання є одним із основних сучасних методів дослідження. Загалом моделювання - це процес дослідження реальної системи, який включає побудову моделі, її дослідження та перенесення одержаних результатів на досліджувану систему. Модель можна визначити як об'єкт, що в деяких відношеннях збігається з прототипом і є засобом опису, пояснення та/або прогнозування його поведінки. Математична модель реальної системи (процесу) – це, зазвичай, сукупність співвідношень, формул, рівнянь, нерівностей, логічних умов, операторів тощо, які визначають характеристики станів системи залежно від її параметрів, зовнішніх умов (вхідних сигналів, впливів), початкових умов та часу [6].

Математичний опис процесу зводиться до підбору такої комбінації найпростіших моделей (ідеального витіснення, ідеального змішування і ін.), щоб результуюча модель досить точно відображала структуру реального процесу. Такий підхід дозволяє порівняно просто врахувати вплив найважливіших гідродинамічних факторів, а також стохастичні властивості системи, внаслідок чого є особливо ефективним при моделюванні фізико-хімічних процесів в полідисперсних середовищах, зокрема при моделюванні складних каталітичних систем [6].

Комбіновані реактори – це трубчасті реактори з адіабатичними шарами каталізатора, вони дозволяють завантажувати до 10 м³ каталізатора і досягати

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високої продуктивності. Якщо енергія активації побічних реакцій менше енергії активації основної реакції, то для процесів, що складаються з декількох реакцій комбіновані апарати особливо ефективні.

Для опису нашого реактора використовувалась модель ідеального витіснення. Було прийнято, що процес іде за умов поршневого 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 реактора ідеального витіснення до об'ємної витрати газу або рідини [7].

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

$$\frac{dC_i}{dt} = -u \frac{dC_i}{dl} + Wr_i$$

де u – середня лінійна швидкість потоку в реакторі; l – координата довжини реактора; τ – час перебування, що у даному випадку є аналогом довжини апарату; C_i – концентрація компоненту; Wr_i – швидкість реакції.

У політропічному режимі процес РІВ описується рівнянням покомпонентного матеріального балансу, тоді:

$$\frac{dC_i}{dl} = \frac{Wr_i}{u}$$

Так як комбінований реактор має дві частини: трубку та адіабатичну, то будемо його розраховувати в два етапи

Для процесу окислення метанолу і формальдегіду, в якому протікають дві послідовні реакції:



Швидкості протікання основної та побічної хімічних реакцій 3.1 – 3.2 [8]:

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_1 = \frac{K_1 C_\phi}{1 + a_1 C_M + a_2 C_B + a_3 \frac{C_\phi}{C_K}}$$

$$W_2 = \frac{K_2 C_\phi}{1 + b_1 C_M + b_2 C_B + b_3 \frac{C_\phi}{C_K}} + \frac{K_3 C_M}{1 + b_4 C_B + b_5 \frac{C_M}{C_K}}$$

де K_1, K_2, K_3 – константи швидкості реакцій $\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$; a, b – адсорбційні коефіцієнти; C_M, C_ϕ, C_B, C_K – концентрації метанолу, формальдегіду, води, кисню відповідно, $\frac{\text{моль}}{\text{м}^3}$.

Трубна частина реактор матиме таку математичну модель [9]:

де, C_p – середня теплоємність реакційної суміші, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$; ρ – середня густина реакційної суміші, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; q_i – теплові ефекти, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

Початкові умови: $t = 0; C_\phi = C_{\phi_{\text{вх}}}; C_M = C_{M_{\text{вх}}}; C_B = C_{B_{\text{вх}}}; C_K = C_{K_{\text{вх}}}; T = T_{\text{вх}}$.

Запишемо систему диференціальних рівнянь для першої стадії реакції на шарі катализатора при стаціонарному режимі:

Для розрахунку адіабатичної частини реактора використовується модель ідеального витіснення, початкові значення концентрацій і температури будуть дорівнювати кінцевим значенням, що були отримані з трубної частини. Всі коефіцієнти, граничні умови, а також швидкості реакцій залишаються незмінними.

Математична модель адіабатичної частини реактора матиме вигляд [9]:

Запишемо систему диференціальних рівнянь для адіабатичної частини після математичних перетворень:

Граничні умови: $l = 0; C_\phi = C_{\phi_{\text{вх}}}; C_M = C_{M_{\text{вх}}}; C_B = C_{B_{\text{вх}}}; C_K = C_{K_{\text{вх}}}; T = T_{\text{вх}}$.

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Початкові умови: $t = 0; C_{\phi} = C_{\phi}(l); C_M = C_M(l); C_B = C_B(l); C_K = C_K(l); T = T(l).$

Отримана математична модель утворює систему диференціальних рівнянь, яку було розв'язано в математичному програмному середовищі MathCad із використанням методу Рунге - Кутта.

Повністю розрахунок комбінованого реактору наведено у додатку Б.

Для розрахунку приймається, що комбінований реактор має довжину 1,5 метри. Розглянемо результати розрахунку трубної частини реактора. На рисунку 3.1 зображено зміну температури в трубчастій частині реактора в залежності від довжини. З графіку видно що температура в трубній частині ректора становить 630 К, що є достатнім для ведення процесу.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Рисунок 3.1 - Зміна температури в трубчастій частині реактора в залежності від довжини

На рисунку 3.2 наведено залежність концентрацій речовин від довжини реактора. Як можна бачити, при 0,35 метрах концентрація метанолу знижується, відбувається практично повне перетворення метанолу, отже далі слід розглядати адіабатичну частину реактора.

Рисунок 3.2 - Залежність концентрацій речовин в трубній частині реактора від довжини: C_m – концентрація метанолу, моль/м³; C_f – концентрація формальдегіду, моль/м³; C_k – концентрація кисню, моль/м³; C_b – концентрація води моль/м³; L_s – довжина реактора, м

На рисунку 3.3 зображено зміну температури в адіабатичній частині реактора в залежності від довжини. З графіку видно що температура в адіабатичній частині ректора становить 630 К, що є достатнім для ведення процесу.

Рисунок 3.3 - Зміна температури в адіабатичній частині реактора в залежності від довжини.

На рисунку 3.4 наведено залежність концентрацій речовин від довжини реактора в адіабатичні частині. Як бачимо, від 0,33 до 1,5 метрів відбувається повне перетворення метанолу в формальдегід. Отже для даного реактору є оптимальною довжиною є 1.5 метра, так як при збільшені буде відбуватися зниження концентрації метанолу (формальдегіду) та збільшення води.

Рисунок 3.4 - Залежність концентрацій речовин в адіабатичній частині реактора від довжини: C_m – концентрація метанолу, моль/м³; C_f –

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

концентрація формальдегіду, моль/м³; C_k – концентрація кисню, моль/м³; C_b – концентрація води моль/м³; L_s – довжина реактора, м.

З отриманих розрахунків можемо зробити висновок, що в трубній частині відбувається практично повне перетворення метанолу в метаналь, вихід метанолу становить 90%, а в адіабатичній частині відбувається доокиснення та повне перетворення.

3.3 Програмний модуль для розрахунку математичної моделі процесу окислення метанолу

За допомогою програмного середовища Visual Studio 2017 на мові програмування C#, було розроблено програмний модуль для розрахунку математичної моделі окислення метанолу в комбінованому реакторі. Даний програмний модуль містить в собі дві частини розрахунку: трубної та адіабатичної частини реактора.

Обчислювальний модуль складається з таких елементів:

1. Файли форм – Form1.Designer.cs, Instruction.Designer.cs, About_Program.Designer.cs;
2. Файл проєкту - Form1.cs.

Програмний код обчислювального модуля наведений в Додатку В.

Призначення основних елементів програмного модуля наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Основні елементи програмного модуля

Продовження таблиці 3.1

Розроблений програмний модуль містить в собі наступні обробники подій, що представлені в таблиці 3.2:

Таблиця 3.2 – Обробники подій обчислювального модуля

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Даний програмний модуль використовується для розрахунку математичної моделі процесу каталітичного метанолу при різних вхідних даних в комбінованому реакторі.

3.4 Інструкція користувачу програмного продукту

Графічний інтерфейс програми, який відкривається при завантаженні програми наведено на рисунку 3.5. Графічний інтерфейс програми представлений вікном, кнопками керування, вкладками, головним меню та іншими елементами.

Рисунок 3.5 – Головне вікно програми

Головне вікно програми складається з трьох вкладок: «Вхідні дані», «Трубна частина», «Адіабатична частина». На першій вкладці користувачу потрібно ввести всі дані самостійно або ж натиснути кнопку «Тестові дані». Якщо не всі поля було заповнено, програма повідомить про помилку. Концентрації на вкладці «Вхідні дані» вводяться для трубної частини реактора. Ввівши всі дані потрібно натиснути кнопку «Розрахувати». Якщо ж дані були введені не вірно або результати розрахунку незадовільні, потрібно натиснути кнопку «Очистити».

Результати розрахунку трубної частини реактора представлені у вигляді таблиць та графіків залежностей на вкладці «Трубна частина», що зображена на рисунку 3.6.

Рисунок 3.6 – Розрахунок трубної частини реактора

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку адіабатичної частини реактора потрібно перейти на вкладку «Адіабатична частина», заповнити всі вхідні дані та натиснути клавішу «Розрахувати». Для введення експериментальних даних потрібно натиснути на клавішу «Тестові дані». Для очищення розрахунків та даних клавішу «Очистити». Розрахунок адіабатичної частини представлений представлений у вигляді таблиць та графіків залежностей на рисунку 3.7.

Рисунок 3.7 – Розрахунок адіабатичної частини реактора

Також в програмі передбачена панель інструментів з вкладками «Файл» та «Довідка». При натисканні на вкладку «Файл» з'являється меню, в якому присутні ті ж самі кнопки, що були описані до цього, вони виконують ідентичні функції, що були описані вище (рис.3.8). Також в даній вкладці передбачено зберігання результатів розрахунку в файл Excel.

Рисунок 3.8 – вкладка «Файл» панелі інструментів

При натисканні на вкладку «Довідка», що показано на рисунку 3.9 з'являється меню, в якому присутня «Інструкція» та інформація про програму («Про програму»).

Рисунок 3.9 – вкладка «Довідка» панелі інструментів

Для того щоб відкрити інструкцію користувача потрібно натиснути на вкладку «Довідка» та натиснути пункт «Інструкція», що зображена на рисунку 3.10.

Рисунок 3.10 – Інструкція користувача

Для того щоб відкрити інформацію про програму потрібно натиснути на вкладку «Довідка» та натиснути пункт «Про програму», що зображена на рисунку 3.11.

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Рисунок 3.11– Про програму

За результатами розробленого програмного модуля у середовищі програмування Visual Studio 2017 на мові C# було виконано розрахунок комбінованого реактора окислення метанолу, що складається з трубної та адіабатичної частини (код програми відображено в Додатку В).

Висновки

В даному розділі була розрахована математична модель комбінованого реактора, який складається з трубної та адіабатичної частини. Було визначено, що в трубній частині ступінь перетворення метанолу становить 90%, в адіабатичній 10%. Також був розроблений програмний модуль для розрахунку даної математичної моделі.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МЕТАНАЛЮ

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Автоматизація являє собою один із найважливіших засобів здійснення переходу до якісно виробництва за рахунок підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, оптимізації процесів, зниження собівартості продукції, забезпечення безпеки роботи обладнання, поліпшення умов праці, раціонального використання сировини та енергії, зменшення втручання людини у технологічний процес [10].

Автоматичний контроль та керування технологічним процесом відіграє важливу роль в виробництві формальдегіду. Даний процес є дуже складним та чутливим, оскільки під час виробництва використовують вибухонебезпечні речовини, високі температури та відбуваються перепади тиску, всі ці процеси потребують миттєвого реагування на зміни та сигналізацію відхилень. Тому є важливим знизити вплив людини на хід процесу, щоб запобігти виникненню браку, надзвичайних ситуацій та отримати високу якість вихідного продукту [11].

Отже, основною метою даного розділу є розробка схеми автоматизації та вибір приладів і засобів автоматизації, які будуть забезпечувати ефективно проходження технологічного процесу.

Метою даного процесу є отримання кінцевого продукту – метаналю (формальдегіду) заданої кількості. Основним апаратом, в якому утворюється формальдегід, є комбінований реактор. Тому для отримання якісного продукту та забезпечення його максимального виходу потрібно встановити такі контури:

- контур контролю температури вхідної суміші;
- контур контролю в трубній та адіабатичній частині реактора;
- контур контролю тиску.

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Згідно аналізу технологічної схеми для ефективного виробництва потрібно запровадити такі додаткові контури регулювання та контролю:

витрати метанолу, пари та води; температуру в реакторі, теплообміннику, котлах – утилізаторах; тиск у змішувачі, абсорбері; концентрації метанолу та формальдегіду в робочій зоні; контури сигналізації.

4.2 Визначення параметрів автоматизації

Для безпечної роботи виробництва, підтримання робочих параметрів, отримання цільового продукту і попередження аварійної ситуації було визначено параметри регулювання, контролю та сигналізації котрі наведені у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Параметри контролю та керування процесом

Продовження таблиці 4.1

На основі наведених даних у таблиці 4.1 було розроблено схему автоматизації процесу виробництва метанолу шляхом окиснення метанолу. Для даної схеми підібрані необхідні технічні засоби (первинні та вторинні прилади, перетворювачі, регулятори, виконавчі механізми тощо) за допомогою каталогів виробників технічних засобів автоматизації [12 - 18]. Обрані засоби автоматизації представлені в специфікації, яка наведена в додатку В.

4.3 Опис схеми автоматизації

Контроль та регулювання витрати. Для контролю та регулюванню витрати використовується звужуючий паристій діафрагма камера ДКС 0,6 – 100 (поз.1-1,3-1) з діаметром умовного проходу 100 мм, ДКС 0,6 – 80 (поз.2-1) з діаметром умовного проходу 80мм, ДКС 0,6 – 65 з діаметром умовного проходу 65 (поз.4-1). Сигнал з діафрагми поступає на дифманометр

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

безшкальний ДМ-3583М (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2), вимірявши перепад тиску, передає свій вихідний сигнал на прилад контролю, реєстрування та регулювання ПІД - регулятор ТРМ10 (поз. 1-3, 2-3, 3-2, 4-2). Регулятор видає регулюючий вплив на виконавчий механізм - клапан електричний типу МЕО-40/10-0,25-99К (поз. 1-4, 2-4).

Контроль та регулювання температури. Для контурів 6-1, 7-1, 8-1, 9-1, 10-1 в якості вимірювальних приладів температури обрано термоперетворювачі опору марки ТСП – 0193-01 з діапазоном вимірювання температури від -50 °С до 500 °С, що призначені для вимірювання температури у рідких, вибухонебезпечних і газоподібних середовищах шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Отриманий сигнал з термоперетворювача опору передається електричного ПІД-регулятора марки ТРМ10 (поз. 7-2, 9-2, 6-2, 7-2, 10-2) з вхідним сигналом 4 – 20 мА, який відображає виміряну температуру і видає регулюючий вплив на виконавчий механізм МЕО-40/10-0,25-99К (поз. 7-3, 9-3, 10-3)

Контроль та регулювання тиску. Для контролю тиску в реакторі (поз. 5-1) обрано інтелектуальний датчик тиску СДВ, що використовується для роботи з високотемпературними середовищами, робочий діапазон становить 0 – 160 МПа. Отриманий сигнал з датчику тиску передається на показуючий П-регулятор марки ТРМ1, що відображає вимірюваний тиск, лампи НЛ1 та НЛ2,

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

марки ЛС – 47М, лампи сигналізують про низький або високий тиск.

Контроль рівня. Для контролю та сигналізації рівня в абсорбері встановлений комплект ЭРСУ 4-1. Він призначений для показання та сигналізування рівня. Даний комплект містить в собі кондуктометричний датчик (поз. 17-1), електричний регулятор (поз. 17-2) та сигналізатор НЛ – 3.

Контроль та регулювання концентрації. Для контролю значення концентрації використовується аналізатор рідин АЖК – 3101К, що складається з первинного перетворювача (поз. 12-1, 13-1) та реєструючого - регулюючого приладу (поз. 12-2, 13-2), який подає сигнал на виконавчий механізм регулювання витрати (13-3).

Для контролю та сигналізації концентрації метанолу та метанолу (формальдегіду) на виробництві встановлено комплекс автоматичного контролю загазованості типу А-8М. Система складається з виносних датчиків ИГС-98 (14-1, 15-1), реєстратора та сигналізатора який вмикається, якщо концентрація перевищила норму (14-2, 15-2) НЛ -4, НЛ - 5.

Висновки

Розроблена схема автоматизації забезпечує ведення процесу виробництва формальдегіду (метанолу) відповідно до технічного регламенту.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Головною метою даного розділу є розрахунок техніко – економічних показників, що характеризують доцільність автоматизації процесу з виробництва метанолу (формальдегіду) шляхом окислення метанолу за рахунок використання програмного модуля та оптимізації апаратів.

5.1 Підприємство у промисловій структурі держави

Класифікаційні ознаки підприємства:

- за формою власності – приватне;
- за організаційно-правовою формою – товариство з обмеженою відповідальністю;
- за власником – юридична особа;
- за масштабом виробництва – одиночне;
- за структурою виробництва – вузькоспеціалізовані;
- за ресурсами що споживаються – матеріаломісткі;
- за потужністю – велике;
- за випуском продукції – велике;
- за режимом роботи – позасезонне;
- за призначенням продукції – промислового призначення;
- сфера діяльності – виробництво формальдегіду.

Мета діяльності: задоволення потреб хімічних та фармацевтичних підприємств, що використовують формальдегід у якості сировини, для виготовлення інших продуктів і як наслідок отримання прибутку.

Вид економічної діяльності підприємства: 20.14 | Виробництво інших основних органічних хімічних речовин.

5.2 Організаційна структура цеху

Розглянемо організаційну структуру цеху виробництва формальдегіду зображена на рисунку 5.1.

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Рисунок 5.1 - Схема організаційної структура цеху

5.3 Класифікація виробничих процесів

Виробничий процес – об'єднання основних, допоміжних і підсобних процесів у просторі і часі.

Основні:

- Завантаження сировини в апарати;
- Налаштування обладнання;
- Вхідний та вихідний контроль якості;
- Підготовка обладнання;

Допоміжні:

- Відвантаження готової продукції;
- Огляд та ремонт обладнання;
- Проміжний контроль якості;

Підсобні:

- Прибирання приміщення;

Побічні:

- Утилізація відходів

5.4 Види руху предметів праці

Види руху предметів праці (ВРПП) – порядок проходження предметів праці (сировини, матеріалів) через всі стадії виробничого циклу [19].

Виділимо 7 найголовніших операцій (табл. 5.1). Кожна з них триває певний час, а цикл триває 2 годин.

Таблиця 5.1 - Тривалість стадій виробництва

Послідовний рух предметів праці, це такий рух, під час якого обробка продукції проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію цієї партії предметів, що обслуговується (рис.5.2) [19].

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Так як тривалість виробничого циклу при послідовному ВРПП розраховується за формулою:

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = B \cdot \sum_{i=1}^n t_i$$

де B - кількість виробленої продукції; t_i - тривалість i -ої операції, хв;
 N - кількість операцій.

Рисунок 5.2 – Послідовний ВРПП

Тривалість обробки:

$$t_i = 20 + 15 + 15 + 30 + 10 + 20 + 5 + 5 = 120 \text{ хв.}$$

Час зміни становить 8 годин ($t_{\text{зм}} = 8 \text{ год}$).

Розрахуємо кількість одиничних циклів, що відбувається при послідовному ВРПП:

$$n(20 + 15 + 15 + 30 + 10 + 20 + 5 + 5) \leq (8 \cdot 60)$$
$$n = 4$$

Отже, за зміну виконується 4 цикли.

Тоді тривалість виробничого циклу за

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = (20 + 15 + 15 + 30 + 10 + 20 + 5 + 5) \cdot 4 = 480 \text{ хв}$$

Кількість обладнання: $N_{\text{обл}} = 8 \text{ од.}$

Так як при послідовному ВРПП цеху за 480 хв зможе здійснити 4 цикла, використовуючи 8 одиниць обладнання та одну людину, за добу 12 циклів.

Паралельний рух предметів праці використовується безпосередньо в безперервних процесах при масовому виробництві продукції. Продукція передається з попередньої на наступну операцію, не очікуючи закінчення обробки всієї партії (рис.5.3) [19].

									ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
										37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

При паралельному ВРПП тривалість виробничого циклу обчислюється за такою формулою :

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = \sum_{i=1}^N t_i + (B - 1)t_{\text{max}}$$

де t_{max} – тривалість найдовшої операції.

Рисунок 5.3 – Паралельний ВРПП

Розрахуємо кількість одиничних циклів за зміну, що відбувається при паралельному ВРПП:

$$n = \frac{(T_{\text{вц}}^{\text{пар}} - \sum_{i=1}^N t_i)}{t_{\text{max}}} + 1 = \frac{(480 - 120)}{30} + 1 = 13$$

Отже, за добу обслуговується 39 циклів.

Тоді, фактична тривалість виробничого циклу при паралельному ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = (20 + 25 + 30 + 15 + 20 + 5 + 5) + (13 - 1) \cdot 30 = 480 \text{ хв}$$

Отже, при паралельному ВРПП цех за 480 хвилин зможе виконати 13 циклів, використавши 8 одиниць обладнання, при чисельності персоналу 8 осіб.

Синхронізований вид руху предметів праці – окремий випадок паралельного ВРПП, характеризується постійним ритмом процесу. Ритм – це проміжок часу між запуском у виробництво 2-ох одиничних виробів на будь-якій операції (рис.5.4) [19].

Для синхронізованого ВРПП тривалість виробничого циклу рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{синх}} = \sum_{i=1}^m t_i + (B - 1)R$$

де R – ритм (для нашого цеху візьмемо 5 хвилин).

Рисунок 5.4 – Синхронізований ВРПП

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість партій, яку можливо виготовити за один робочий день при синхронізованому ВРПП:

$$n = \frac{(T_{\text{вц}}^{\text{синхр}} - \sum_{i=1}^m t_i)}{R} + 1 = \frac{(480 - 120)}{5} + 1 = 73$$

Тоді, тривалість виробничого циклу при синхронізованому ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = (20 + 25 + 30 + 15 + 20 + 5 + 5) + (73 - 1) \cdot 5 = 480 \text{ хв}$$

Отже, при синхронізованому ВРПП цеху за 480 хвилин зможе виготовити 73 партій формальдегіду, використовуючи 9 комплектів обладнання, при чисельності персоналу 9 осіб.

Проаналізувавши всі ВРПП, можемо зробити висновок, що кращим буде послідовний. Так як при послідовному ВРПП випуск продукції є оптимальним, використовується достатня кількість людей та обладнання. При послідовному ВРПП кількість виготовленого формальдегіду є достатньою для ринку (20 700 т).

За один цикл (2 години) виготовляється 5000 кг формальдегіду.

5.5 Середньорічні показники роботи цеху

Керуючись обраною схемою руху предметів праці (паралельним ВРПП), визначимо середньорічну тривалість виробничого циклу за формулою [19]:

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср}} = \frac{24 \cdot D_k}{T_p \cdot D_p} T_{\text{вц}}^{\text{факт}}, [\text{ГОД}]$$

де 24 – кількість годин протягом доби; D_k - кількість календарних днів у році; T_p – тривалість робочого часу цеху протягом доби; D_p - кількість робочих днів цеху за рік; $T_{\text{вц}}^{\text{факт}}$ - фактична тривалість виробничого циклу.

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

В нашому випадку тривалість зміни 8 годин. Цех працює 7 днів на тижнів без вихідних. У році 52 тижні. Кількість днів у році 365. Передбачається 20 днів простою – плановий технічний огляд.

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср}} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot (365 - 20)} \cdot 2 = 2,11 \text{ [год]}$$

Розрахуємо випуск продукції за рік. За добу виконується 12 циклів по 5000 кг формальдегіду. Таким чином, в середньому, за рік цех виготовляє:

$$V = n \cdot D_p = 345 \cdot 5\,000 \cdot 12 = 20\,700\,000 \text{ кг} = 20\,700 \text{ т.}$$

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.6 Кількість одиниць обладнання і робітників

Кількість обладнання, яке використовується на виробництві визначаємо за допомогою схеми оптимального руху предметів праці, яка наведена на таблиці 5.1.

Таблиця 5.2 - Кількість обладнання

Котлів 2, тому що потрібен на операції 2 і на операції 5. за ВРПП.

Розрахуємо чисельність персоналу явочну і за списком. Чисельність персоналу наведено в таблиці 5.3 .

Цех працює 345 днів на рік в 3 зміни по 8 годин.

Таблиця 5.3 - Персонал цеху

Продовження таблиці 5.3

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot K_{перерах}$$

$$K_{перерах} = \frac{T_{підп}^{рік}}{T_{прац}^{рік}}$$

$T_{підп}^{рік}$ - річний фонд часу роботи цеху в годинах;

$T_{прац}^{рік}$ - річний час роботи цеху з урахуванням вихідних, святкових днів, відпусток.

Явочна кількість адміністративно-управлінського персоналу (директор цеху, головний інженер, головний технолог, прибиральниця) $Ч_{яв} = 5$,
робочого персоналу $Ч_{яв} = 7$

$$T_{підп}^{рік} = 345 \cdot 24 = 8280 \frac{\text{ГОД}}{\text{рік}};$$

$$T_{прац}^{рік} = \frac{365 - T_{св}}{7} \cdot 40 + (T_{св}^*) \cdot 1 = 2015 \frac{\text{ГОД}}{\text{рік}};$$

$$K_{перерах} = \frac{8280}{2015} = 4,1$$

Розраховуємо чисельність робочого персоналу за списком:

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Ч_{сп} = 33 \cdot 4 = 132 \text{ особи}$$

Отже для безперервної роботи виробництва потрібно 4 бригади. Кожна бригада містить: начальника зміни, апаратника, технолога, лаборанта та охоронця

Графік змінності в цеху для робочого персоналу: I зміна: 6.00-14.00; II зміна: 14.00 -22.00; III зміна: 22.00- 6.00. В таблиці 5.4 наведено графік змінності.

Таблиця 5.4 - Графік змінності

Адміністрація виробництва: директор цеху, головний технолог, головний інженер та прибиральниця працюють з 8.00 до 17.00 з понеділка по п'ятницю.

Фактична тривалість роботи робочого персоналу:

$$T_{\text{фак}}^{\text{роб}} = \frac{345}{T_{\text{зм. об}}} (T_{\text{зм. об}} - T_{\text{вих}}) \cdot T_{\text{зміни}} = \frac{345}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2070 \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

Час перепрацювання працівника:

$$T_{\text{переп}} = T_{\text{прац}}^{\text{факт}} - T_{\text{фак}}^{\text{роб}} = 2070 - 2015 = 55 \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

5.7 Контроль виробництва

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції, що випускається вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Об'єкт контролю цеху являється сировина та обладнання, а суб'єктами головний – головний інженер, головний технолог, лаборант [19].

Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний.

Вхідний контроль - це перевірка якості сировини на відповідність фізико – хімічним параметрам. Даний контроль проводиться лаборантом за

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою хроматографа. Об'єктом контролю є метанол та вода. Метанол та вода перевіряються на наявність домішок та відповідність якості. Контроль проводиться відразу після поставки сировини. Результати досліджень записуються лаборантами до спеціального журналу вхідного контролю.

Проміжний контроль – проводиться під час виробничого процесу формальдегіду. Даний контроль направлений на виявлення порушення нормального ходу виробничого процесу, виявлення несправностей та запобігти появі браку. Об'єктами є обладнання, прилади, технологічний персонал. Суб'єктами виступають інженери - апаратники, технолог, начальник зміни. Начальник зміни заповнює журнал проміжного контролю.

Вихідний контроль (контроль готової продукції) – це перевірка якості формальдегіду на відповідність таким параметрам як вигляд, хімічний склад, наявність домішок. Даний контроль виконується лаборантом за допомогою хроматографа. Результати контролю записуються лаборантами до журналу вихідного контролю. На підставі вихідного контролю створюється паспорт якості продукції, який підписується головним технологом та директором.

5.8. Оборотні засоби цеху

Оборотні засоби – матеріальні цінності і грошові засоби, які у розпорядженні цеху, використовуються в процесі виготовлення продукції і повертаються цехом в ході продажу. До оборотних засобів відносять: сировина, електроенергія, водопостачання, опалення, ФОП [19].

Розрахуємо вартість електроенергії.

Розрахунок електроенергії розрахуємо за 2-зонним тарифом, диференційованим за періодом часу: в денний період (з 7 год. до 23 год.) – тарифний коефіцієнт складає 1, в нічний період (з 23 год. до 7 год.) – 0.5. Потужність обладнання складає $N = 900$ кВт/год. Середня ціна на електроенергію складає 2,5 грн кВт/год.

Витрати на електроенергію протягом року:

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Денний час: } Z_{e/e}^D = 16 \cdot 900 \cdot 365 \cdot 2,5 = 13\,140\,000$$

$$\text{Нічний час: } Z_{e/e}^H = 8 \cdot 900 \cdot 365 \cdot 2,5 \cdot 0,5 = 3\,285\,000$$

$$Z_{e/e} = 13\,140\,000 + 3\,285\,000 = 16\,425\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Витрати на опалення. Загальна площа 1800 м², тарифна ставка на опалення 42,73 грн/ м², сезон опалення триває 6 місяців:

$$Z_{\text{опал}} = 1800 \cdot 42,73 \cdot 6 = 461\,484 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Вартість сировини наведена в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 - Вартість сировини

Заробітна плата працівників наведена таблиці 5.6

Таблиця 5.6 - Заробітна плата працівників

Продовження таблиці 5.6

Вартість оборотних фондів наведена в таблиці 5.7

Таблиця 5.7 - Вартість оборотних фондів.

Розрахуємо баланс споживання оборотних фондів (табл.5.8).

Таблиця 5.8 - Баланс оборотних фондів

5.9 Розрахунок основних засобів цеху

Основні засоби – це засоби праці, які багаторазово приймають участь в процесі виробництва зі збереженням своєї матеріальної форми [19].

До основних засобів належать:

- будівлі і споруди;

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- машини і обладнання;
- транспорт;
- виробничий і господарський інвентар;
- нематеріальні активи.

Вартість основних засобів наведені у таблиці 5.9:

Таблиця 5.9 - Основні засоби

Амортизаційні відрахування:

- 1) Амортизація будівлі $T_{\text{експ}} = 20$ років:

$$A_{\text{обл}} = \frac{V_{\text{обл}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{900\,000}{20} = 45\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 2) Амортизація обладнання $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{обл}} = \frac{V_{\text{обл}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{1\,560\,000}{5} = 312\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 3) Амортизація меблів $T_{\text{експ}} = 4$ років:

$$A_{\text{мбл}} = \frac{V_{\text{обл}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{200\,000}{4} = 50\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 4) Амортизація інвентарю $T_{\text{експ}} = 4$ років:

$$A_{\text{інв}} = \frac{V_{\text{інв}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{20\,000}{4} = 5\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 5) Амортизація нематеріальних активів $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{акт}} = \frac{V_{\text{акт}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{100\,000}{5} = 20\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 6) Амортизація внутрішньо-цехового транспорту $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{акт}} = \frac{V_{\text{тр}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{300\,000}{5} = 60\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = A_{\text{обл}} + A_{\text{мбл}} + A_{\text{інт}} + A_{\text{інв}} + A_{\text{акт}} + A_{\text{буд}} = 45\,000 + 312\,000 + 50\,000 + 5\,000 + 20\,000 + 60\,000 = 492\,000 \text{ грн/рік.}$$

Сукупність витрат по виробництву наведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 Прямі витрати по виробництву

$$\text{Вартість непрямих складає 20\% від прямих, отже } V_{\text{н}} = 478\,072\,014 \cdot 0,2 = 95\,614\,402,8 \text{ грн/рік}$$

Собівартість продукції:

$$C = \text{Обз} + A + \text{ФОП} + V_{\text{н}} = 478\,072\,014 + 95\,614\,402,8 = 573\,686\,418 \text{ грн/рік}$$

5.10 Техніко-економічні показники цеху

Річний випуск продукції:

$$B = 20\,700 \text{ т/рік}$$

Чисельність персоналу (Ч):

$$Ч = 33$$

Собівартість продукції:

$$C = \text{Обз} + A + \text{ФОП} + V_{\text{н}} = 478\,072\,014 + 95\,614\,402,8 = 573\,686\,418 \text{ грн/рік}$$

Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{одн}} = \frac{573\,686\,418}{20\,700} = 27\,714,3 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Запланована ринкова ціна одного замовлення:

$$Ц = 30\,500 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Прибуток за рік:

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Pi = \text{Ц} - \text{С} = 20\,700 \cdot 30\,500 - 573\,686\,418 = 57\,663\,582 \text{ грн/рік}$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОбЗ} + \text{ОФ} = 472\,865\,934 + 3\,080\,000 = 475\,945\,934 \text{ грн.}$$

Рентабельність цеху:

$$P = \frac{\Pi}{\text{С}} \cdot 100\% = \frac{57\,663\,582}{573\,686\,418} \cdot 100\% = 10,1\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності :

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{57\,663\,582}{475\,945\,934} = 0,121$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,121} = 8,26 \text{ років}$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B}{\text{ОФ}} = \frac{20\,700\,000}{3\,080\,000} = 6,72 \text{ грн. прод./грн. ОЗ}$$

Фондоємність:

$$\Phi \text{Є} = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{6,72} = 0,14$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр.}} = \frac{\text{ОФ}}{\text{Ч}} = \frac{3\,080\,000}{33} = 93\,333,3 \text{ грн./особу}$$

З отриманих результатів можна зробити висновок, що цех є вигідним, оскільки має термін повернення капіталовкладень 8,26 роки, але можемо вдосконалити його шляхом автоматизації.

5.11 Розрахунок цеху з урахування автоматизації

Під час виконання дипломного проекту був розроблений програмний модуль, який має на меті розрахунок та моделювання процесу отримання метанолу шляхом окиснення метанолу. Також була проведена автоматизація виробництва, що має на меті зниження витрат енергії за рахунок оптимізації апаратів та зменшення витрати сировини на 2-8%. Отже, при застосуванні

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

вище перерахованих комплексів, можна скоротити чисельність персоналу знизити витрату електроенергії, що відобразиться на техніко-економічних показниках. Розрахуємо техніко-економічні показники виробництва при використанні програмного модуля та контурів автоматизації на виробництві. Автоматизація виробництва дає змогу зменшити витрату сировини, розрахуємо витрату та вартість сировини після автоматизації (табл.5.11)

Таблиця 5.11 - Вартість сировини

Перерахуємо кількість працівників які працюють на автоматизованому виробництві (табл.5.12).

Табл.5.12 - Заробітна плата працівників

Продовження таблиці 5.12

Чисельність за списком складає 26 чоловік. Явочна кількість адміністративно-управлінського персоналу $Ч_{яв} = 6$, робочого персоналу $Ч_{яв} = 5$. Графік змінності для персоналу залишається таким ж самим.

Розрахуємо електроенергію на автоматизованому виробництві. Розрахунок електроенергії розрахуємо за 2-зонним тарифом, диференційованим за періодом часу: в денний період (з 7 год. до 23 год.) – тарифний коефіцієнт складає 1, в нічний період (з 23 год. до 7 год.) – 0.5. Потужність обладнання складає $N = 600$ кВт/год. Середня ціна на електроенергію складає 2,5 грн кВт/год.

Витрати на електроенергію протягом року:

$$\text{Денний час: } Z_{e/e}^D = 16 \cdot 600 \cdot 365 \cdot 2,5 = 8\,760\,000$$

$$\text{Нічний час: } Z_{e/e}^H = 8 \cdot 600 \cdot 365 \cdot 2,5 \cdot 0,5 = 2\,190\,000$$

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{e/e} = 8\,760\,000 + 2\,190\,000 = 10\,950\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Так як в цеху використовується програмний модуль, потрібно врахувати його та комп'ютери в вартість ОФ. Розробимо калькуляцію на ПЗ (табл.5.13).

Таблиця - 5.13 Калькуляція на ПЗ

Перерахуємо вартість основних фондів ОФ = 3 080 000 + 630 000 = 3 710 000 грн.

Термін експлуатації складає 10 років, отже амортизація складає:

$$A_{\text{мод}} = \frac{V_{\text{тр}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{630\,000}{10} = 63\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

Амортизація складає: $A = A_{\text{заг}} + A_{\text{мод}} = 492\,000 + 63\,000 = 555\,000$ грн/рік.

Таблиця - 5.14 Витрати по виробництву

Вартість непрямих складає 20% від прямих, отже $V_{\text{н}} = 441\,692\,367 \cdot 0,2 = 88\,338\,474$ грн

5.12 Техніко-економічні показники цеху

Річний випуск продукції:

$$V = 20\,700 \text{ т/рік}$$

Чисельність персоналу (Ч):

$$Ч = 26$$

Собівартість продукції:

$$C = 063 + A + \text{ФОП} + V_{\text{н}} = 441\,692\,367 + 88\,338\,474 = 530\,030\,841 \text{ грн/рік}$$

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{одн}} = \frac{530\,030\,841}{20\,700} = 25\,605 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Запланована ринкова ціна одного замовлення:

$$Ц = 30\,500 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Прибуток за рік:

$$П = Ц - C = 20\,700 \cdot 30\,500 - 530\,030\,841 = 101\,319\,159 \text{ грн/рік}$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОбЗ} + \text{ОФ} = 437\,404\,167 + 3\,710\,000 = 441\,114\,167 \text{ грн.}$$

Рентабельність цеху:

$$P = \frac{П}{C} \cdot 100\% = \frac{101\,319\,159}{530\,030\,841} \cdot 100\% = 19,1\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності :

$$E = \frac{П}{K} = \frac{101\,319\,159}{441\,114\,167} = 0,23$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,23} = 4,3 \text{ роки}$$

Фондовіддача:

$$\Phi В = \frac{В}{\text{ОФ}} = \frac{20\,700\,000}{3\,710\,000} = 5,58 \text{ грн. прод./грн. ОЗ}$$

Фондоємність:

$$\Phi \text{Є} = \frac{1}{\Phi В} = \frac{1}{5,58} = 0,18$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр.}} = \frac{\text{ОФ}}{Ч} = \frac{3\,710\,000}{26} = 142\,692,3 \text{ грн./особу}$$

Порівняння техніко – економічних показників звичайного виробництва та автоматизованого виробництва приведені у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Порівняння техніко-економічних показників

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

З розрахунків що наведені в таблиці 5.15 можемо зробити висновок, що автоматизоване виробництво з використанням програмного модуля є ефективнішим ніж не автоматизоване. Внаслідок автоматизації рентабельність цеху збільшилась та становить 19,1 %, період капіталовкладень зменшився та складає 4.3 роки, прибуток зріс, чисельність персоналу зменшилась на 7 чоловік.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному дипломному проєкті розглядається виробництво метанолу шляхом окиснення метанолу, під час якого використовуються шкідливі, пожежо- та вибухонебезпечні речовини. Передбачено використання електроенергії, теплової та механічної енергії. Технічні рішення у даному проєкті прийнято з урахуванням усіх вимог охорони праці та пожежної безпеки.

В даному розділі проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів виробництва метанолу (формальдегіду), на основі якого розроблено заходи, направлені на створення безпечних умов праці та пожежної безпеки.

6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проєктується. Заходи з охорони праці

6.1.1 Повітря робочої зони

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що виконуються в приміщенні цеху відносяться до категорії ІІа (пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи і потребують певного фізичного напруження) [20].

У таблиці 6.1 наведені санітарні норми параметрів мікроклімату в цеху.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця 6.1 - Санітарні норми параметрів мікроклімату

Для забезпечення санітарних норм мікроклімату і належної чистоти повітря передбачено такі заходи та засоби: раціональне планування виробничих приміщень і оптимальне розміщення устаткування з тепло-, холодо- та вологовиділеннями. Для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням.

Контроль температури в цеху виконується за допомогою електронних термометрів, відносну вологість за допомогою гігрометрів, а швидкість руху повітря за допомогою анемометрів.

У цеху передбачено такі види вентиляції:

- Загальнообмінна вентиляція - для видалення шкідливих речовин з повітря в цеху. Вона підтримує нормальне повітряне середовище у всьому об'ємі робочої зони виробничого приміщення. За допомогою місцевої вентиляції шкідливі виділення вилучаються або розчиняються шляхом надходження чистого повітря безпосередньо у місцях їх утворення [21].
- Припливна вентиляція – для подачі чистого повітря в цех [21].
- Аварійна вентиляція – для видалення значної кількості шкідливих речовин під час аварії, які є небезпечними для життя працівників [21].

Оскільки в процесі виробництва присутні шкідливі речовини, то для працівників передбачено засоби індивідуального захисту: костюм прогумований або напівкомбінезон прогумований, гумове взуття та рукавиці окуляри захисні, протигаз марки А або М.

Також для забезпечення санітарних норм передбачене вологе прибирання цеху. Прибиранню підлягають: вікна, двері, підлога, стелажі, трубопроводи, освітлювальні прилади.

										Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХА6107 1490 001 ПЗ					

В таблиці 6.2 наведена коротка санітарна характеристика цеху, що проектується.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

6.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до VIII - б розряду [22].

Для освітлення цеху передбачено використання природнього, штучного та суміщеного освітлення.

У денний час використовується природнє освітлення цеху, що являє собою комбінацію бічного та верхнього освітлення. Штучне освітлення реалізується за допомогою рівномірного розташування світильників у верхній зоні цеху [22].

У таблиці 6.3 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Таблиця 6.3 - Норми освітленості і КПО цеху згідно ДБН В.2.5.28 – 06

Для штучного рівномірного освітлення виробничого приміщення передбачено використання ламп розжарювання 200 Вт та вибухозахищені світильники НСП-23.

Проведемо розрахунок штучного освітлення для операторського приміщення площею 32 м², ширина - 4 м, довжина – 8 м, висота – 3.2 м, висота робочих поверхонь 0,7; відстань від світильника до стелі - 0,5 м. Для розрахунку використаємо метод світлового потоку.

Світловий потік лампи світильника, визначається за формулою 6.1:

$$\Phi_{л} = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} \quad (6.1)$$

де E - нормована освітленість, лк; S – площа приміщення, що освітлюється, м²; K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; N – кількість світильників; n – кількість ламп у світильнику; η – коефіцієнт використання світлового потоку.

									ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Визначимо висоту підвісу світильника над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 3,2 - 0,5 = 2,7 \text{ м.} \quad (6.2)$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 2,7 - 0,7 = 2 \text{ м.} \quad (6.3)$$

Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 2 = 1,4 \text{ м.} \quad (6.4)$$

Необхідна кількість світильників:

$$I = \frac{a \cdot b}{L^2} = \frac{32}{1,4^2} = 16,3 \quad (6.5)$$

Приймаємо 16 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо у два ряди по 8 штук.

Індекс приміщення:

$$I = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (6.6)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м; h – висота підвісу.

$$I = \frac{4 \cdot 8}{2 \cdot (4 + 8)} = \frac{32}{24} = 1,3 \quad (6.7)$$

Знайдемо коефіцієнт використання світлового потоку за таблицею при коефіцієнтах відбиття $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$, $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$. Отже, індекс приміщення, $\eta = 0,68$

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи дорівнює:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{200 \cdot 32 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{16 \cdot 0,68} = \frac{9568}{10,88} = 879,411 \text{ лм} \quad (6.8)$$

Обираємо лампу Б – 60 з світловим потоком 790 лм.

Сумарна електрична потужність усіх світильників становить:

$$\sum P_{\text{св}} = N \cdot P_{\text{св}} = 60 \cdot 16 = 960 \text{ Вт} \quad (6.9)$$

Також проектом передбачено використання аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення.

									ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
										56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Мінімальна освітленість робочих поверхонь при аварійному освітленні складає 5% від нормованої освітленості робочого освітлення.

Мінімальна освітленість на підлозі основних проходів та на сходах при евакуаційному освітленні повинна бути не менше 0,5 лк, а на відкритих майданчиках — не менше 0,2 лк [22].

Охоронне освітлення влаштовується вздовж меж території, яка охороняється в нічний час спеціальним персоналом. Найменша освітленість повинна бути 0,5 лк на рівні землі [22].

Чергове освітлення передбачається у неробочий час, при цьому, використовується частина світильників штучного освітлення [22].

Для оцінки освітленості у виробничих приміщеннях передбачено використання фотоелектричного люксметра Ю-117 раз в рік та після ремонту світильників.

6.1.3. Виробничий шум і вібрація

Джерелом вібрації та шуму а виробництві, що проектується, служать такі механізми: вентилятори та електродвигуни, реактор, абсорбер, теплообмінник, котли-утилізатори та насоси.

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99, у виробничих приміщеннях прийнята, норма рівня звуку становить 80 дБА. Згідно з ДСН 3.3.6.039-99 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. Фактичний рівень звуку становить 73 дБА, що відповідає вимогам [23].

На проектованому виробництві для зменшення рівня шуму у напрямку його поширення передбачено звукоізоляцію шляхом встановлення звукоізоляційних перегородок: екранів, кожухів, кабін, перегородок. Для звукоізоляції шумних ділянок у приміщенні передбачено застосування легких багат шарових звукоізоляційних перегородки з повітряними прошарками. Також передбачено використання глушників шуму активного

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

типу, адже на виробництві застосовується вентиляція. Для зменшення вібрації використовуються амортизатори, що виготовлені з сталевих пружин та встановлені під вібруючі пристрої. Насоси та електродвигуни вмонтовуються на віброізоляторах [25].

Для індивідуального захисту від шуму передбачено використання протишумових вкладишів або багаторазових берушів. Для захисту від вібрації застосовуються віброзахисне взуття та віброгасні рукавиці [25].

В проектованому цеху для вимірювання шуму та вібрацій використовують шумомір-віброметр АСИСТЕНТ СИУ V1.

6.1.4 Електробезпека

Під час роботи в цеху з виробництва метаналю можливі ураження електричним струмом. Найнебезпечнішими ділянками є саме установки, адже вони являються струмопровідними. Причиною ураження електричним струмом може бути:

- дотик або наближення до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою;
- поява напруги на металевих частинах, в результаті пошкодження ізоляції;
- помилкові дії під час проведення робіт;
- виникнення статичної електрики і інші.

Виробництво формальдегіду являється вибухонебезпечним, тому проводка та кабелі повинні бути з ПВХ ізоляцією, а також проводи з гумовою ізоляцією та кабелі з гумовою та паперовою ізоляцією в ПВХ оболонці.

Для зниження потенціалів статичної електрики передбачено на виробництві заземлення всіх металевих частин обладнання, де можлива електризація. Також заземлюються всі інші ізольовані провідники, які можуть заряджатися по індукції.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електричне устаткування проектного виробництва живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220В з глухозаземленою нейтраллю. Відповідно до ГОСТ 12.1.038–92 гранично допустимі значення напруги дотику й струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$, $U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}$, а при нормальному режимі роботи електричного обладнання $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$, $U_{\text{дот}} = 2\text{В}$.

Порівняємо розрахункові значення із гранично допустимим значенням струму. Сила струму, що проходить через людину можна розрахувати за такою формулою, де, $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$ – фазова напруга, $R_{\text{л}} = 3000 \text{ Ом}$ – загальний опір тіла людини, $R_0 = 4 \text{ Ом}$ – опір робочого заземлення нейтралі:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА} \quad (6.10)$$

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73,23 \text{ мА} \quad (6.11)$$

Напруга дотику розраховується за формулою:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \text{ В} \quad (6.12)$$

$$U_{\text{д}} = 73 \cdot 10^3 \cdot 3000 = 219 \text{ В} \quad (6.13)$$

З отриманих розрахунків можемо зробити висновок, що при порушенні вимог ПУЕ на виробництві можливі електротравми.

Для забезпечення електробезпеки передбачені такі технічні засоби та заходи: ізолювання оголених струмопровідних частин, заземлення або занулення корпусів електроустановок, оснащення виробництва швидкими та надійними автоматичним захисним відключенням, електричне розділення мережі, попереджувальні знаки [25].

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

В якості засобів індивідуального захисту для персоналу, що працюють з електроустановками застосовуються: ізолюючі штанги, кліщі, діелектричні рукавички, боти або калоші, ізолюючі килимки та підставки, покажчики напруги, струмовимірвальні кліщі, переносні заземлення, окуляри, спецодяг.

У виробничих приміщеннях передбачена постійна перевірка на справність всіх електроприладів та установок [25].

6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Виробництво метанолу являється потенційно небезпечним виробництвом, адже використовуються вибухо- та пожежонебезпечні речовини та обладнання, які є небезпечними з точки зору техніки безпеки та можуть призвести до нещасних випадків, руйнування будівель та споруд.

Небезпечним стадіями технологічного процесу являються:

1. Окислення метанолу при якому можливе утворення вибухонебезпечної суміші та вибух .
2. Охолодження суміші в теплообміннику, можливі термічні опіки.
3. Подача метанолу в установку та збирання готового продукту (формальдегіду) , під час яких може виникнути пожежа або ж отримання хімічних опіків.

Потенційну небезпеку також становлять: нагріті поверхні вузлів електро- та гідро обладнання, нагріті до високої температури магістралі передачі суміші, замикання електричних мереж, падіння з висоти, відсутність ремонту та інші.

Проаналізувавши потенційно небезпечні стадії процесу отримання метанолу шляхом окиснення метанолу розроблено ряд заходів для запобігання аварійних ситуацій.

- При монтажі всі апарати будуть встановлені й закріплені таким чином, щоб вилучити можливість зсуву під час роботи.

										ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
											60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

- Установки, що мають температуру понад 45°C – реактор, теплообмінник, котли – утилізатори, абсорбер мають теплоізоляцію, огороження або закриті кожухом для запобігання контакту з людиною.
- Усунення безпосереднього контакту працівників з небезпечним речовинами (метанол, формальдегід) шляхом автоматизації виробництва та дистанційного керування.
- Забезпечення виробництва засобами контролю та керуванням технологічним процесом, що забезпечує захист працівників та аварійне вимкнення виробничого обладнання.
- Періодичний профілактичний огляд та ремонт обладнання за задалегідь створеним графіком.
- Герметизація всього обладнання для запобігання виливу речовин.
- Проведення інструктажів з охорони праці працівникам.

6.2 Пожежна безпека

На проєктованому виробництві джерелами пожежі можуть бути: нагріті стінки апаратів, вибухонебезпечні речовини, несправне електрообладнання тощо.

У таблиці 6.4 наведені показники пожежо – і вибухонебезпечності речовин і матеріалів, класифікація цеху за пожежо – і вибухонебезпечністю та влаштуванням блискавкозахисту.

Проєктоване виробництво відноситься до III-го ступеню вогнестійкості.

Проєктом передбачено наступні заходи пожежної безпеки. До евакуаційного виходу відносять вихід, що веде із експлуатованого виду покрівлі до сходової клітини або сходів. Згідно ДБН В.1.1-7:2016, кількість евакуаційних виходів з будинку повинна бути не менша за кількість евакуаційних виходів з будь – якого поверху будинку. Із будинку з кожного поверху, приміщення, а також частини поверху, відокремленої суцільними

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стінами (перегородками), передбачено не менше двох евакуаційних виходів до самостійних шляхів евакуації, які ведуть назовні. У виробничому приміщенні передбачено 6 виходів, що забезпечують евакуацію персоналу [26].

З технічних поверхів, що призначені тільки для розміщення інженерного обладнання, відповідно до ДБН В.1.1-7:2016, виходи через двері повинні бути з розмірами не менше ніж 0.75x1.5 м. або люки з розмірами не менше ніж 0.6x0.8 м., які обладнанні вертикальними сходами [26].

Висота та ширина шляхів евакуації становить не менше ніж 2.0 м, а ширина -1.0 м. Між будинками передбачені протипожежні розриви, що становлять 10 м [26].

З метою запобігання пожежі виробництво забезпечене зовнішнім і внутрішнім кільцевим протипожежним водопостачанням. Згідно проекту в приміщенні виробництва встановлено протипожежний водопровід, спеціальні пожежні щити з набором: вуглекислих вогнегасників типу ВВК -5, ломів, багрів, сокир та ємності з піском. Пожежогасіння здійснюється за допомогою пожежних кранів діаметром, які укомплектовані рукавами довжиною 20 м, стволами – розпилювачами та важелями. Пожежні рукава, пожежні стволи та важелі розташовуються у спеціальних шафах, дверцята яких пломбуються.

В приміщенні виробництва формальдегіду передбачено автоматичну систему пожежогасіння з тепловими датчиками в вибухозахищеному виконанні, яка при включенні блокує вентиляцію.

Оповіщення персоналу про пожежу здійснюється за допомогою: трансляційовних повідомлень, увімкнення світлових показників в напрямку евакуювання, звукових сигналів.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для захисту електроустаткування від загоряння проводиться регулярний контроль та технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

Будівля виробництва захищена від прямих ударів блискавки за допомогою стрижньових блискавковідводів.

Висновки

У даному розділі проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що були виявлені на проєктованому об'єкті. Розроблені заходи, для створення безпечних умов праці.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологіях і системах сталого розвитку – КМХТ2020», Київ 19-22 травня 2020 року. Київ, 2020. С.132-138.

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Богословский Б. М. Общая химическая технология органических веществ, М.: Гос. научн.-техн. изд.-во хим. литературы, 1955. – 464 с.
2. Яворський В. Т. Загальна хімічна технологія Л: Національного університету "Львівська політехніка", 2005. - 552 с.
3. Суворов Б. В. Окислительные реакции в органическом синтезе. М.: Химия, 1978. - 197 с.
4. Загальна хімічна технологія: Метод. вказівки до вивчення курсу для студ. хімічн. ф-ту (напрямок підготовки: 6.051301 – “Хімічна технологія”), Луцьк - Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, 2016. -11с.
5. Бугаєва Л. М., Бойко Т. В., Безносик Ю. О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів: підручник. К.: Інтерсервіс, 2017. – 254 с.
6. Семенова І. Ю. Математичні моделі МСС. К.: Київський Національний Університет імені Тараса Шевченка, 2014. – 82 с.
7. Математичне моделювання та оптимізація об’єктів хімічної технології: метод. вказівки до виконання лабораторних робіт для студ. напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія». К.: 2014. – 162 с.
8. Коноваленко К. О., Осипов К. О., Безносик Ю. О., Бугаєва Л. М. Комп’ютерне моделювання технологічної схеми та реактора отримання метанолу окисленням метанолу. Збірник наукових статей Восьмої міжнародної науково-практичної конференції «Комп’ютерне моделювання в хімії і та технологіях і системах сталого розвитку – КМХТ2020», Київ 19-22 травня 2020 року. Київ.: 2020. – с. 132-138.
9. Василенко Р. І., Безносик Ю.О., Бугаєва Л.М. Комп’ютерний розрахунок технологічної схеми отримання формальдегіду та моделювання реактора окислення метанолу. Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XIII международной заочной научно-практической конференции: «Развитие науки в XXI

						ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
							66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

веке» г. Харьков: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – Д.: научно-информационный центр «Знание», 2016. – с. 48-54.

10. О.І. Черевко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Автоматизація виробничих процесів: підручник Х.: Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі, 2014.-186с.
11. С. Г. Бондаренко, О. В. Сангінова, А. М. Шахновський. Дипломне проектування: Автоматизація технологічних процесів: навч. посіб. для студ. Спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 122 с.
12. Діафрагми для витратомірів URL: https://www.elemer.ru/production/armatura_pressure/diafragma.php (дата звернення 28.05.2020).
13. Дифманометр ДМ-3583М URL: <http://prompribor.com.ua/ru/pages/285/> (дата звернення 29.05.2020).
14. КИПиА - контрольно измерительные приборы: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, терморегуляторы. Датчики температуры, давления и уровня производство КиП ОВЕН Украина Харьков [Электронный ресурс] / Компания ОВЕН // Каталог обладнання контрольновимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – URL: <http://owen.com.ua> (дата звернення 1.04.2020).
15. МЕО-40 URL: <http://prompribor.com.ua/ru/pages/591/> (дата звернення 29.05.2020).
16. Термопреобразователи сопротивления, ТСП-0193-01, ТСП-1393-01, ТСП-1393-04, ТСМ-0193-01, ТСМ-1393-01 URL: http://usk.ua/termo_sopro_tsp_tsp_1.html (дата звернення 1.04.2020).

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. А-8М система автоматического контроля загазованности стационарная
URL: <https://www.gazoanalizators.ru/A-8M.html> (дата звернення 28.05.2020).
18. Регулятор-сигнализатор уровня ЭРСУ 4-1 URL:
<https://electrokom.kiev.ua/product/regulyator-signalizator-urovnya-ersu-4-1>
(дата звернення 29.05.2020).
19. Підлісна О. А. Економіка, організація та управління хімічних підприємств / О. А. Підлісна, Ю. В. Тюленева // НТУУ "КПІ". – 2018. – URL:https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/24062/1/NP_praktyka_KhTF.pdf.(дата звернення 11.05.2020)
20. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ, 1999. 12 с.
21. Вентиляція виробничих приміщень URL:
https://pidruchniki.com/1775072438280/bzhd/ventilyatsiya_virobnichih_primischen. (дата звернення 16.04.2020).
22. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2018. 133 с.
23. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ, 1999. 34 с.
24. Орленко А. Т., Фоменко І. О., Полукаров Ю. О., Праховнік Н.А. Методичні вказівки щодо загальних вимог з охорони праці до технологічних процесів і обладнання при переробці пластмас у виробі. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 30 с.
25. Система електрозахисних засобів URL:
<https://spo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/1120.html> (дата звернення 16.04.2020).
26. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ, 2017. 39 с

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А.

Лістинг розрахунку матеріального балансу в ChemCad

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

**Моделювання комбінованого реактору отримання метанолу
шляхом окислення метанолу в MathCad**

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Лістинг програмного коду

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Специфікація приладів автоматизації

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72