

**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)

“ \_\_\_ ” червня 2016 р.

## Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

на тему: Комп'ютерний розрахунок процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу

Виконав студент IV курсу, групи ХА-21  
Шаган Дмитрій Володимирович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник заст. зав. каф. КХТП, к.т.н., доц. Безносик Ю.О.  
(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 в.о.зав. каф. КХТП, к.т.н., Бойко Т.В.

\_\_\_\_\_  
(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 – 2016 рік

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ХА 2125 1490 001 ПЗ	Пояснювальна записка	87	
3	A1	ХА 2125 1490 002	Технологічна схема та схема автоматизації	1	
4	A4	ХА 2125 1490 002 СП	Специфікація до технологічної схеми та схеми автоматизації	3	
5	A1	ХА 2125 1490 003	Кресленик загального вигляду апарату	1	
6	A1	ХА 2125 1490 004	Алгоритм обчислювального модуля	1	
7	A1	ХА 2125 1490 005	Результати економіко-організаційних розрахунків	1	
ХА 2125 1490 000					
		ПІБ	Підп	Дата	
Розробн.	Шаган				
Керівн.	Безносик				
Консульт.	Складанний				
Н/контр.	Шахновський				
Зав.каф.	Бойко				
				Лист	Листів
				1	1
				НТУУ «КПІ» Каф. КХТП Гр. ХА-21	

## **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Комп'ютерний розрахунок процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу.

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

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

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 6.050202" Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Т.В.Бойко

(підпис)

«    » лютого 2016 р

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Шагану Дмитрію Володимировичу

1. Тема проекту Комп'ютерний розрахунок процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу.

керівник проекту Безносик Юрій Олександрович, к.т.н., доц.

затверджені наказом по університету від «    » \_\_\_\_\_.

2. Термін подання студентом проекту 07 червня 2016 р

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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	Бойко Т.В. В.о. зав. кафедри кібернетики ХТП.		
Розроблення схеми автоматизації ХТС	Бондаренко С.Г. доц. кафедри кібернетики ХТП.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2016

Календарний план

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

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Д.В. Шаган

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ю.О. Безносик

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 87 с., 15 рис., 36 табл., 5 додатків, 27 джерел.

Виконано проект комп'ютерного розрахунку технологічного процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу.

В проекті обґрунтовано норми технологічних режимів, наведена технологічна схема процесу виробництва аніліну. Розглянуті характеристики технологічної схеми процесу отримання аніліну.

Виконано комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу в програмі - симуляторі ChemCad 6.3.1.

Розроблено обчислювальний модуль для перевірного розрахунку трубчатого реактору в середовищі Visual C++.

Запропоновано схему автоматизації процесу. Обрано необхідні пристрої контролю і регулювання.

Проведено економіко - організаційні розрахунки основних техніко – економічних показників даного процесу.

Розглянуто техніку безпеки проведення виробничого процесу. Наведено технічні рішення з техніки безпеки.

АНІЛІН, НІТРОБЕНЗОЛ, CHEMCAD, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС,  
КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК, АВТОМАТИЗАЦІЯ, VISUAL C++.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 87 ст., 15 рис., 36 табл., 5 приложений, 27 источников.

Выполнен проект компьютерного расчета технологического процесса получения анилина гидрированием нитробензола.

В проекте обоснованы нормы технологических режимов, приведена технологическая схема процесса получения анилина, их описание, обоснованы все нормы технологических режимов. Рассмотрены характеристики технологической схемы процесса получения анилина.

Выполнен компьютерный расчет материального баланса процесса в программе - симуляторе ChemCad 6.3.1.

Разработан вычислительный модуль для проверочного расчета трубчатого реактора в среде Visual C++.

Предложена схема автоматизации процесса. Избраны необходимые устройства контроля и регулирования.

Проведены экономико - организационные расчеты основных технико – экономических показателей данного процесса.

Рассмотрено технику безопасности проведения производственного процесса. Приведены технические решения по технике безопасности.

АНИЛИН, НИТРОБЕНЗОЛ, CHEMCAD, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС, КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, VISUAL C++.

## **ABSTRACT**

Explanatory note has 87 p., 15 fig., 36 tables, 5 appendixes, 27 sources.

The project of the computer calculation the process of aniline production by nitrobenzene hydrogenation.

In the thesis project are general and simplified process flow diagrams and description, all reasonable standards of technological regimes. Consider the characteristics of the process flowsheet of aniline.

Implemented a computer calculation of the material balance of the process in the program - simulator ChemCad 6.3.1.

A computational module for testing calculations tubular reactor in the environment Visual C++.

The scheme of automation of the process is proposed. Are elected required devices of control and regulation.

An economic - organizational calculations of basic technical – economic indicators for the production of methanol are done.

Consider carrying out safety production process. Provides technical solutions for safety.

**ANILINE, NITROBENZENE, CHEMCAD, MATERIAL BALANCE,  
COMPUTER-AIDED CALCULATION, AUTOMATION, VISUAL C++.**



## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів	9
Технічне завдання на розроблення програмного забезпечення	10
Вступ	11
1 Характеристика технологічної схеми виробництва	12
1.1 Основні способи отримання аніліну	12
1.2 Отримання аніліну гідруванням нітробензолу	13
1.3 Опис технологічної схеми процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу	16
2 Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання аніліну	19
2.1 Теоретичні засади розрахунку матеріального балансу	19
2.2 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва аніліну	20
3 Автоматизований розрахунок трубчастого реактора процесу синтезу аніліну	27
3.1 Математичне забезпечення обчислювального модуля	27
3.2 Структура та технічні характеристики обчислювального модуля	29
3.3 Керівництво користувача програмного продукту	32
4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу	38
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми	38
4.2 Вибір технічних засобів автоматизації	41
4.2.1 Контроль та регулювання витрати	41
4.2.2 Контроль та регулювання температури	42
4.2.3 Контроль, регулювання та сигналізація рівня	43

					ХА 2125 1490 001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютерний розрахунок процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Шаган Д.В.						
Перевір.							7	87
Н. Контр.		Шахновський				НТУУ "КПІ", ХТФ, гр. ХА-21		
Затверд.		Безносик						

4.2.4 Контроль та сигналізація тиску	43
4.2.5 Контроль та сигналізація концентрації	43
5 Економіко-організаційні розрахунки процесу виробництва аніліну	45
5.1 Теоретичні відомості для техніко-економічного обґрунтування процесу виробництва аніліну	45
5.2 Техніко-економічні показники процесу виробництва аніліну	47
5.3 Техніко-економічні показники розробки програмного забезпечення для перевірного розрахунку реактора	53
5.4 Техніко-економічні показники процесу виробництва аніліну з впровадженням програмним забезпеченням	56
6 Охорона праці, виробнича санітарія та техніка безпеки проведення виробничого процесу	60
6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	60
6.1.1 Повітря робочої зони	60
6.1.2 Виробниче освітлення	62
6.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій	64
6.1.4 Електробезпека	65
6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання	67
6.1.6 Пожежна безпека	67
ВИСНОВКИ	70
Перелік посилань	71
Додаток А. Розрахунок матеріального балансу у середовищі ChemCad	74
Додаток Б. Моделювання трубчастого реактора синтезу аніліну	75
Додаток В. Алгоритм обчислювального модуля	79
Додаток Г. Програмний код обчислювального модуля	80
Додаток Д. Специфікація устаткування	84

## Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів

ВОТ – висококиплячий органічний теплоносій;

МТБ – матеріальний баланс;

РІВ – реактор ідеального витіснення;

$T$  – температура;

$T_X$  – температура холодоагенту;

$X_A$  – ступінь перетворення;

$C_A$  – концентрація;

$F_A$  – мольна витрата;

$S$  – площа поперечного перетину;

$d$  – діаметр;

$U$  – коефіцієнт теплопередачі;

$H_r$  – тепловий ефект реакції;

$c_p$  – питома теплоємність;

$r_A$  – швидкість реакції;

ГДК – гранично допустима концентрація;

$C$  – собівартість;

$\Pi$  – ціна;

$\Pi$  – прибуток;

ОбЗ – оборотні засоби;

$A$  – амортизація;

$K$  – капіталовкладення;

КПО – коефіцієнт природнього освітлення.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						9
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Технічне завдання на розроблення програмного забезпечення

Використовуючи засоби ЕОМ розробити програмний модуль, призначений для перевірного розрахунку адіабатичного трубчастого реактора ідеального витіснення неперервної дії, що застосовується у технологічному процесі отримання аніліну гідруванням нітробензолу.

Вимоги до програми:

1. Програмний код має бути чітко структурованим, із коментарями;
2. При розрахунку застосувати числовий метод Рунге-Кутта;
3. За середовище програмування обрати Visual C++;
4. Програма має бути простою та доступною у користуванні;
5. Забезпечити наявність довідково-інформаційної системи;
6. Результати обчислень представити у табличній та графічній формі;
7. Забезпечити можливість експорту результатів до зовнішнього документу.

Вихідними даними для розрахунку є:

Діаметр реактора	0,03 м
Довжина реактора	6 м
Пористість шару каталізатора	0,424
Загальна витрата нітробензолу у вхідному потоці	65,9 моль/год
Мольна витрата нітробензолу у вхідному потоці	1 моль/год
Коефіцієнт теплопередачі	36,33 Вт/(м <sup>2</sup> · К)
Тепловий ефект реакції	-637300 Дж/моль
Питома теплоємність водню	27,74 Дж/(моль · К)
Температура охолоджуючого агента	400 К

Результатами розрахунку є:

- Зміна температури нітробензолу за довжиною реактора;
- зміна ступеню перетворення нітробензолу за довжиною реактора;
- зміна концентрації нітробензолу за довжиною реактора.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

## Вступ

Анілін (амінобензол, бензамін, феніламін) на даний момент є одним із найважливіших продуктів у сучасній хімічній промисловості, попит на який зростає щороку, а разом із тим його виробництво. Наразі переважна частина (близько 85%) виробленого у світі аніліну використовується для виробництва ізоціанатів [1], що надалі застосовуються для виробництва поліуретанів. Анілін також використовується у виробництві штучних каучуків (9%), гербіцидів (2%) і барвників (2%), а також лікарських препаратів та вибухових речовин.

Анілін відіграє винятково важливу роль у розвитку синтетичної органічної хімії та хімічній промисловості. Якщо спочатку він застосовувався при виробництві барвників та ліків, то тепер займає значну частину ринку сировини для виробництва поліуретанів, необхідність у яких збільшується на 10-15% щороку. Тому постає питання збільшення масштабів синтезу аніліну, а відповідно й проведення оптимізації існуючих методів та розробка нових, що підтверджує актуальність обраної теми.

Існує кілька методів отримання аніліну, проте саме виробництво шляхом гідрування нітробензолу є основним у промисловості, оскільки відрізняється високою швидкістю, чистотою одержуваних продуктів, простотою технології, можливістю автоматизації технологічного процесу.

Метою дипломного проекту є дослідження процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу у трубчастому реакторі, його основних технологічних параметрів, розрахунок матеріального балансу, розробка обчислювального модуля для перевірного розрахунку трубчастого реактора, розробка схеми автоматичного регулювання та контролю на виробництві, визначення основних техніко-економічних показників, аналіз екологічної безпеки та техніки безпеки на підприємстві.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

# 1 Характеристика технологічної схеми виробництва

## 1.1 Основні способи отримання аніліну

Спочатку анілін отримували відновленням нітробензолу молекулярним воднем: практичний вихід аніліну не перевищував 15%. При взаємодії концентрованої соляної кислоти з залізом виділявся атомарний водень, більш хімічно активний в порівнянні з молекулярним. Реакція Зініна є більш ефективним методом отримання аніліну. У реакційну масу вливали нітробензол, який відновлюється до аніліну.

У промисловості застосовуються такі способи виробництва аніліну:

- Відновлення нітробензолу сумішшю чавунних стружок і соляної кислоти в періодичному реакторі (реакція Бешама);
- Відновлення нітробензолу сумішшю чавунних стружок і хлориду амонію в безперервному реакторі з мішалкою реакторі;
- Каталітичне відновлення нітробензолу воднем у газовій фазі в реакторах з нерухомим або псевдозрідженим шаром каталізатора;
- Каталітичне відновлення нітробензолу воднем у рідкій фазі в реакторах з псевдозрідженим шаром каталізатора або з мішалкою;
- Каталітичний амоноліз фенолу.

Відновлення нітробензолу чавунними стружками на теперішній час не використовується у промисловості.

В умовах парофазного процесу нітробензол випаровується, змішується з надлишком водню і пропускається через контактний апарат, заповнений твердим каталізатором. Процес відновлення йде поверхні каталізатора до повного перетворення нітробензолу в анілін. Реакційне тепло відводиться або надлишком водню, або висококиплячим органічним теплоносієм (ВОТ). Реакційні гази охолоджуються, анілін конденсується, а надлишок водню повертається в цикл. Перевага методу в тому, що каталізатор не захоплюється реакційними газами.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Каталітичне відновлення воднем нітрогрупи в аміногрупу в рідкій фазі має не менше значення, ніж парофазне відновлення. Так як один з інгредієнтів реакції (водень) газоподібний, то для збільшення його концентрації в системі процес ведуть під тиском водню в автоклавах. В умовах рідкофазного процесу нітробензол, змішаний з твердим каталізатором, обробляють під тиском воднем. Гідрування проводять при енергійному перемішуванні реакційної маси для рівномірного розподілу каталізатора по всьому об'єму. Рідкофазне гідрування проводять в трубчастих або ємнісних реакторах, в які безупинно подають водень.

Каталітичний амоноліз фенолу проводять наступним чином. Фенол, що подається на установку, змішується з надлишком аміаку, переводиться в парову фазу, нагрівається і прямує в адіабатичний реактор з нерухомим шаром каталізатора, в якому утворюються анілін і вода. Вихідні з реактора пари (переважно анілін) частково конденсуються в сепараторі. Парова фаза (аміак що не прореагував) надходить у компресор і рециркулює в реактор. Анілін висушується в ректифікаційної колоні, і відганяється в товарний продукт. Невелика кількість фенолу, що не прореагував, відбирається як бічний погон у вигляді аніліно-фенольного азеотропа з максимальною температурою кипіння і рециркулює в реактор.

## 1.2 Отримання аніліну гідруванням нітробензолу

На даний момент метод каталітичного відновлення нітробензолу з метою отримання аніліну в промисловості є основним, оскільки відрізняється високою швидкістю, чистотою одержуваних продуктів, простотою технології, можливістю автоматизації технологічного процесу [2].

Напрямок реакції і ступінь відновлення нітросполуки часто залежать від умов процесу і природи застосовуваних каталізаторів.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Роль каталізатора в процесах каталітичного відновлення полягає в активації реагентів – відновлюваного з'єднання і молекулярного водню. При сорбції водню на активних центрах каталізатора (К) послаблюються або навіть повністю розриваються хімічні зв'язки в молекулах водню (1.1).

(1.1)

Нітросполуки також сорбуються на каталізаторі, але в меншому ступені. Подальша взаємодія відбувається між двома сорбованих молекулами, що знаходяться на сусідніх активних центрах. При цьому утворюється продукт гідрування, що володіє меншою сорбційною здатністю, внаслідок чого він витісняється з активних центрів каталізатора новою молекулою нітросполуки.

Активність каталізаторів, що застосовуються в реакціях гідрування нітросполук, залежить від їх хімічного складу і фізичного стану. Найчастіше застосовуються металеві каталізатори, особливо метали VIII групи періодичної системи – платина, паладій, родій, нікель, кобальт, а також сплави нікелю і хрому, нікелю та міді та ін. Показано, що активність каталізатора збільшується, якщо він містить домішки деяких речовин – забруднення або ж спеціальні добавки – так звані активатори. Велике значення має також ступінь подрібнення каталізатора. Максимальне роздроблення досягається осадженням каталітично активної речовини на так званий носій.

Роль активаторів і носіїв до теперішнього часу повністю не з'ясована. Відомо, що ті й інші викликають зміни структури поверхні каталізатора, носії, крім того, значно збільшують поверхню каталізатора. В результаті зменшується схильність каталізатора до спікання при підвищених температурах. Ймовірно, додавання активатора або носія збільшує кількість активних центрів, а також їх характер. В якості активаторів застосовуються найчастіше оксиди та гідроксиди різних металів, рідше деякі їх солі, причому для кожної пари каталізатор-активатор існує оптимальне кількісне співвідношення, при якому каталізатор має максимальну активність.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



В якості носіїв застосовують різні пористі матеріали, такі, як активоване вугілля, азбест, пемза.

Спосіб приготування каталізаторів має великий вплив на їх активність і область застосування. Чутливість каталізаторів до невеликих змін умов їх отримання дуже велика, внаслідок чого навіть каталізатори, отримані, здавалося б, при однакових умовах, зазвичай виявляють різну активність.

Реакція відновлення нітросполук воднем йде за рівнянням (1.2).

(1.2)

Реакція, як видно з рівняння, йде зі зменшенням обсягу. Тому її проводять при порівняно низькій температурі і переважно під тиском.

Каталітичне відновлення нітробензолу проводять в паровій або рідкій фазі.

В умовах парофазного процесу нітросполука випаровується, змішується з надлишком водню і пропускається через реактор, заповнений твердим каталізатором. Процес відновлення йде на поверхні каталізатора до повного перетворення нітросполуки в амін. Реакційне тепло відводиться або надлишком водню, або ВОТ. Реакційні гази охолоджуються, амін конденсується, а надлишок водню повертається в цикл. Перевага методу в тому, що каталізатор не захоплюється реакційними газами.

Каталізаторами цього процесу є активні сплави нікелю, алюмінію, вольфраму, мідь, нанесена на оксид кремнію. Найбільш придатним каталізатором для відновлення нітробензолу є мідь, оскільки її дія поширюється лише на нітрогрупу, не зачіпаючи ароматичного ядра. У присутності мідного каталізатора перетворення нітробензолу в анілін починається при 230 ° С, між 300 і 400 ° С реакція проходить швидко. При надлишку водню вихід аніліну досягає 97-98%, причому в вихідному продукті містяться лише сліди азобензолу. Водень може бути замінений водяним газом (суміш СО і Н<sub>2</sub>О), при цьому монооксид вуглецю також відіграє роль відновника, перетворюючись на діоксид.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Мідь, отримана відновленням гідроксиду міді (II), більш активна як каталізатор відновлення, ніж отримана з нітрату міді (II). Мідь, нанесена на азбест, більш активна, ніж нанесена на пемзу або приготована без носія. Однак мідь, нанесена на азбест, швидше втрачає активність.

У промисловості каталізатором служить карбонат міді, нанесений у вигляді суспензії в розчині силікату натрію на пемзу і відновлений воднем. Каталізатор добре працює близько року, але за цей період двічі піддається регенерації.

### 1.3 Опис технологічної схеми процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу

Рисунок 1.1 – Технологічна схема процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу:

1 – напірний бак; 2 – газодувка; 3, 11 – розділювачі потоку;

4, 6, 10 – теплообмінники; 5, 13 – змішувачі потоку; 7 – випарник;

8 – трубчастий реактор; 9, 12, 14 – сепаратори.

I – нітробензол з аніліном після екстракції; II – водень; III – водяна пара;

IV – вода; V – конденсат; VI – анілінова вода на екстракцію

нітробензолом; VII – анілін-сирець на вакуум-перегонку

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Згідно технологічної схеми представленої на рисунку 1.1, нітробензол з резервуара проходить через екстрактор, в якому витягує отриманий анілін з води, що утворюється в результаті реакції, і подається в напірний бак 1, а потім в трубчастий випарник 7. Випаровування нітробензолу відбувається в тонкій плівці, нагрівання здійснюється гарячим воднем, що нагнітається газодувкою 2 і надходить до теплообмінників 4 і 6 через дільник потоків 3, звідки виходить надлишок водню. Свіжий водень подається і змішується із основним потоком за допомогою змішувача 5. На 6000 м<sup>3</sup> водню за годину у суміші міститься 500-600 кг нітробензолу. Пари нітробензолу змішуються з воднем і поступають до трубчастого реактору 8, що містить каталізатор. В якості каталізатора найчастіше використовують мідь на носіях, оскільки при використанні цього каталізатора не йде гідрування ароматичного кільця. Температура суміші на вході до апарату становить 170 °С, на виході доходить до 350-370 °С. Тиск у реакторі підтримується у межах 0,15-0,20 МПа [3].

З реактору контактні гази проходять через теплообмінник 4, нагріваючи водень, а потім надходять до сепаратора 9, де розділяються пари аніліну і води. Для повного уловлювання аніліну гази проходять через теплообмінник 10 з розвиненою охолоджуючою поверхнею, а потім через дільник потоків 11 надходять до сепаратору 12. Надлишок водню повертається в цикл, а конденсат з сепараторів поступає до змішувача 13 та надходить до сепаратора 14, з якого анілінова вода надходить на екстракцію нітробензолом, а анілін-сирець подається на вакуум-перегонку. Вихід аніліну становить 97-98% від теоретичного.

По мірі втрати активності каталізатора температура газів на вході до реактора повинна підвищуватися до 280 °С, причому продуктивність установки знижується. Каталізатор регенерують 4-5 разів за час роботи (регенерацію проводять в струмі повітря з подальшим відновленням оксиду міді воднем). Після проходження через реактори 4000 т нітробензолу каталізатор підлягає заміні. Витрата міді - 1 кг на 1000 кг аніліну.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

При описаному методі відновлення нітробензолу для регулювання температури в трубчастому реакторі застосовується великий надлишок водню, що повертається в процес після відділення продуктів реакції. При цьому у багато разів збільшується обсяг контактних газів, що виходять з апарату, і зменшується концентрація в них аніліну. Великий обсяг газів викликає необхідність використання громіздких апаратів на всіх стадіях процесу і великих поверхонь теплообміну.

Парофазне каталітичне відновлення нітробензолу є основним методом отримання аніліну в усьому світі. При порівнянні техніко-економічних показників виробництва аніліну цим методом і безперервним методом відновлення нітробензолу чавунними стружками в середовищі електроліту було встановлено, що метод парофазного каталітичного відновлення більш економічний: витрати на 1 т готової продукції зменшуються приблизно на 15%, зменшується також витрата енергії [4]. Основною статтею витрат в обох методах є витрати на сировину; для поліпшення техніко-економічних показників необхідно в першу чергу зниження цих витрат. Використання більш селективних каталізаторів, зменшення витрат на кожній стадії процесу, зменшення осмолення аніліну призводять до підвищення виходу аніліну.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

## 2 Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання аніліну

### 2.1 Теоретичні засади розрахунку матеріального балансу

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 знаходження параметрів стану потоків технологічної схеми: загальних і по компонентних витрат, складів потоків, температур і ентальпій, аналіз можливості рішення 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 гріючої пари і охолоджуючої води, кількості теплоти й електроенергії. МТБ і продуктивність апаратів схеми є вихідною інформацією для технологічного і конструкційного розрахунку елементів хіміко-технологічної системи.

В даному дипломному проекті виконується розрахунок лише матеріального балансу системи, оскільки розрахунок теплового балансу не передбачається завданням на проектування.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 2.2 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва аніліну

Вихідні дані до розрахунку матеріального балансу:

Масова витрата нітробензолу, кг/год	600
Об'ємна витрата водню, м <sup>3</sup> /год	6000
Практичний вихід аніліну, %	97
Температура на вході до реактора, °С	170
Температура на виході з реактора, °С	350
Тиск у реакторі, МПа	0,15

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів було виконано за допомогою середовища CHEMCAD 6.3.1, результати наведені у додатку А. Змодельована схема представлена на рисунку 2.1 [6].

При складанні матеріального балансу враховуємо лише масообмінні апарати, матеріальні баланси яких наведені в таблицях 2.2 – 2.20.

Рисунок 2.1 – Схема змодельована у середовищі Chemcad:

- 1 – напірний бак; 2 – випарник; 3,4,9 – теплообмінник; 5,10 – дільник потоків; 6 – реактор; 7,8,11 – сепаратор; 12,13 – змішувач потоків;  
14 – газодувка.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 2.1 – Перелік обладнання у середовищі CHEMCAD

Таблиця 2.2 – Матеріальний баланс випарника 2

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						21
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Зведений матеріальний баланс випарника 2

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс дільника 5

Таблиця 2.5 – Зведений матеріальний баланс дільника 5

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс реактора 6

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Таблиця 2.7 – Зведений матеріальний баланс реактора 6

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс сепаратора 7

Таблиця 2.9 – Зведений матеріальний баланс сепаратора 7

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс сепаратора 8

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.11 – Зведений матеріальний баланс сепаратора 8

Таблиця 2.12 – Матеріальний баланс дільника 10

Таблиця 2.13 – Зведений матеріальний баланс дільника 10

Таблиця 2.14 – Матеріальний баланс сепаратора 11

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.15 – Зведений матеріальний баланс сепаратора 11

Таблиця 2.16 – Матеріальний баланс змішувача 12

Таблиця 2.17 – Зведений матеріальний баланс змішувача 12

Таблиця 2.18 – Матеріальний баланс змішувача 13

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.19 – Зведений матеріальний баланс змішувача 13

Матеріальний баланс схеми за вхідними потоками 1 і 7 та вихідними потоками 19, 20 і 21 наведений у таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Загальний матеріальний баланс схеми

Як видно з таблиці 2.20 матеріальний баланс вхідних та вихідних потоків процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу, розрахованих у спеціалізованому середовищі Chemcad 6.3.1, повністю співпадає, тобто розрахунок проведений вірно.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

### 3 Автоматизований розрахунок трубчастого реактора процесу синтезу аніліну

#### 3.1 Математичне забезпечення обчислювального модуля

Хімічний реактор є основним технологічним апаратом, у якому відбуваються хімічні перетворення, спрямовані на одержання цільового продукту, тому доцільним буде проведення розрахунку саме реактора.

Основним апаратом схеми являється трубчастий реактор, в якому відбувається реакція утворення аніліну (3.1):

(3.1)

Значну кількість аніліну, що випускається у світі, отримують саме каталітичним відновленням нітробензолу у газовій фазі. Процес синтезу є дуже екзотермічним, тобто характеризується значним виділення енергії, тому його проводять зі значним надлишком водню, який виступає одночасно як реагентом, так і холодоагентом у даній реакції [7].

Математичне моделювання трубчастого реактора отримання аніліну проводиться з урахуванням наступних допущень:

- гідродинамічний режим в апараті – ідеальне витіснення;
- реакційна маса рухається уздовж осі потоку, витісняючи наступні шари;
- реакція відбувається на стаціонарному шарі каталізатора.

Основу математичної моделі складають відомості щодо кінетики процесу. Вивченню кінетики основної реакції процесу присвячено ряд робіт [8-11].

Процес хімічного перетворення нітробензолу до аніліну протікає у трубчастому реакторі в присутності каталізатора (пористість шару каталізатора  $\varepsilon = 0,424$ ) при температурі 450 К та атмосферному тиску. Рівняння математичного опису має наступний вигляд (3.2) [12]:

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

(3.2)

Граничні умови: на вході до реактора при  $l = 0, T = T_{\text{вх}}, x_A = 0$

Прийmemo наступні позначення (3.3 – 3.5):

(3.3)

(3.4)

(3.5)

де  $F_0, F_{A_0}, F_A$  – загальна, мольна та поточна витрата нітробензолу у вхідному потоці відповідно, моль/год;  $S$  – площа поперечного перетину,  $\text{м}^2$ ;  $d$  – діаметр реактора, м;  $C_A$  – концентрація нітробензолу, моль/ $\text{м}^3$ ;  $U$  – коефіцієнт теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ ;  $T, T_x$  – температура в реакторі та охолоджуючого агента відповідно, К;  $H_r$  – тепловий ефект реакції, Дж/моль;  $c_p$  – питома теплоємність суміші, Дж/(моль $\times$ К).

Швидкість реакції визначається за формулою (3.6):

(3.6)

Введемо рівняння (3.5) та (3.6) до системи (3.2):

(3.7)

У якості програми для розв'язку системи диференціальних рівнянь (3.7) було обрано середовище MathCAD 14.0 [13].

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Часто на практиці класичні методи розв'язання диференціальних рівнянь призводять до складних розв'язків або взагалі незастосовні (коефіцієнти або функції у диференціальному рівнянні містять істотні нелінійності або задані у вигляді таблиць експериментальних даних). Тому великого значення набувають числові методи наближеного інтегрування [14].

У даному проекті розрахунки проводяться із застосуванням числового методу Рунге-Кутта, результати яких наведені у додатку Б.

Результатами рішення є: зміна температури нітробензолу та холодоагенту за довжиною реактора, зміна ступеню перетворення за довжиною реактора та зміна концентрації нітробензолу за довжиною реактора.

### **3.2 Структура та технічні характеристики обчислювального модуля**

Відповідно до математичної моделі реактору було розроблено алгоритм програмного модуля, який наведено у додатку В. Програмний код основних обчислювальних процедур модуля, розробленого в середовищі Visual C++, наведено у додатку Г.

Структура модуля складається з наступних елементів:

- файл форми – MyForm.cpp;
- файл проекту – Bakalavrskiy\_proekt\_Shahan\_Dmitrii.vcxproj;
- файл-заголовок – MyForm.h.

Призначення основних елементів програмного модуля наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні елементи програмного модуля

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Розроблений програмний модуль містить 9 процедур обробки подій, які наведені в таблиці 3.2.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						30
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### Таблиця 3.2 – Процедури програмного модуля

У даному розділі було наведено характеристику основних елементів, що входять до складу програми, її структуру та призначення процедур проекту. Даний програмний модуль можна застосовувати для перевірного розрахунку будь-якого адіабатичного трубчастого реактора ідеального витіснення, що працює у неперервному режимі, для якого відомі конструктивні параметри та фізико-хімічні властивості процесу.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

### 3.3 Керівництво користувача програмного продукту

Розроблений програмний модуль призначений для перевірного розрахунку адіабатичного трубчастого реактора ідеального витіснення, що працює у неперервному режимі, для якого відомі конструктивні параметри та фізико-хімічні властивості процесу.

Після запуску відкривається вікно програми, інтерфейс якого наведений на рисунку 3.1. Початкова вкладка містить відомості про продукт, його призначення та інформацію про розробника.

На вкладці з вихідними даними (рисунок 3.2) містяться поля для введення вихідних даних, а саме діаметр та довжину реактора, пористість шару каталізатора, загальну та мольну витрату нітробензолу у вхідному потоці, коефіцієнт теплопередачі, тепловий ефект реакції, питому теплоємність водню, температуру охолоджуючого агента та крок інтегрування методом Рунге-Кутта.

Для проведення розрахунків слід ввести вихідні дані до відповідних полів та натиснути кнопку “Розрахувати”, після чого вкладка з розрахунковими значеннями стає активною (рисунок 3.3), де відображаються наступні параметри:

- довжина реактора, м;
- температура нітробензолу, К;
- температура холодоагенту, К;
- ступінь перетворення нітробензолу;
- концентрація нітробензолу, кмоль/м<sup>3</sup>.

Для графічного представлення отриманих результатів необхідно натиснути клавішу “Графічно зобразити”, після чого вкладки графіків стають доступними користувачу (рисунки 3.4 – 3.6).

Рисунок 3.1 – Початкова вкладка програми

Рисунок 3.2 – Вкладка введення вхідних даних

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Рисунок 3.3 – Вкладка з розрахунковими значеннями

Рисунок 3.4 – Графік зміни температури нітробензолу та холодоагенту за довжиною реактора

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Рисунок 3.5 – Графік зміни ступеню перетворення нітробензолу за довжиною реактора

Рисунок 3.6 – Графік зміни концентрації нітробензолу за довжиною реактора

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Після завершення розрахунків користувач має змогу вивести отримані результати до зовнішнього документу Word, натиснувши клавішу “Сформувати звіт” з панелі меню (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7 – Звіт з роботи програми

Також у програмі передбачена довідка у вигляді інструкцій користувачу, яку можна викликати з панелі меню (рисунок 3.8).

Рисунок 3.8 – Вікно “Інструкція користувачу”

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Отже, за результатами розроблено програмного модуля було визначено ряд параметрів, серед яких ступінь перетворення нітробензолу становить 97%, що збігається з матеріальним балансом та свідчить про правильність розрахунків.

Провівши дослідження процесу перетворення нітробензолу до аніліну можна зробити висновок:

- зі збільшенням ступеню перетворення зростає температура нітробензолу у трубчастому реакторі;
- концентрація нітробензолу зменшується зі збільшенням ступеню перетворення.

Результати роботи програмного модуля для перевірного розрахунку трубчастого реактора були порівняні з результатами отриманими у середовищі MathCad та було встановлено, що результати ідентичні, з похибкою в межах 1%, що є допустимим.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## **4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу**

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

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

### **4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми**

Завдання технологічного процесу полягає в отриманні певної кількості і певної концентрації аніліну гідруванням нітробензолу. Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення необхідного виходу кінцевого продукту та протікання процесу за технічним регламентом необхідно регулювати та контролювати наступні параметри: витрати у трубопроводі подачі нітробензолу; витрати у трубопроводі подачі водню; температуру водню у трубопроводі на виході з теплообміннику; температуру газової суміші на

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



виході з випарника; температуру газорідинної суміші на виході з трубчастого реактора; температуру газорідинної суміші у трубопроводі на виході з теплообміннику; рівень нітробензолу у напірному баку.

Крім контролю та регулювання є параметри, про значення яких необхідно сигналізувати. До них належать режимні параметри, які можуть спричинити аварійну ситуацію: перепади тиску у трубчастому реакторі; концентрація аніліну на виході з сепаратора; концентрації нітробензолу, аніліну та водню в приміщенні, оскільки перевищення ГДК нітробензолу чи аніліну може спричинити отруєння, а водню – призвести до вибуху, тому концентрації даних компонентів потрібно контролювати та у разі перевищення ГДК видавати звуковий і світловий сигнал.

На підставі аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, обрано об'єкти автоматизації, обрано регульовані і регулюючі параметри, визначено параметри контролю, регулювання та сигналізації. Для обраних параметрів було визначено необхідну точність вимірювання і регулювання (норми технологічного режиму) та діапазони їх можливої зміни. Всі дані представлені у таблиці 4.1.  
Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва аніліну

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Продовження таблиці 4.1

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						40
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі даних, наведених в таблиці 4.1, розроблена схема автоматизації процесу отримання аніліну включає в себе сім контурів контролю та регулювання, п'ять контурів контролю та сигналізації, один контур контролю, регулювання та сигналізації.

#### 4.2 Вибір технічних засобів автоматизації

Засоби автоматизації підбирають, враховуючи особливості технологічного режиму. При цьому слід дотримуватися наступних правил:

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

Специфікація до обраних засобів із каталогів [15-20] наведена у додатку Д.

##### 4.2.1 Контроль та регулювання витрати

Для контролю та регулювання витрати використовується звужуючий пристрій – діафрагма (поз. 1-1 та поз. 3-1), виготовлена зі сталі марки 12Х18Н10Т, а саме:

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



- у контурі 7: змінює подачу газової суміші, тим самим знижуючи або підвищуючи температуру газорідинної суміші на виході з трубчастого реактора;
- у контурі 8: змінює подачу води, тим самим знижуючи або підвищуючи температуру газорідинної суміші на виході з теплообмінника;

#### **4.2.3 Контроль, регулювання та сигналізація рівня**

Для контролю та сигналізації рівня в напірному баку передбачено контур 13, в якому розташовано електронний регулятор-сигналізатор рівня рідини марки ЕРСУ-3-1 (поз. 13-1 та поз. 13-2). Даний прилад призначений для сигналізації та підтримки в заданих межах рівня рідини. Якщо рівень рідини в баку перевищує задане значення прилад подає сигнал на сигнальну лампу типу ЛС-47 (поз. НЛ2), а також на самому приладі встановлені світлові індикатори, що сигналізують про рівень рідини в ємності.

#### **4.2.4 Контроль та сигналізація тиску**

Оскільки трубчастий реактор працює під високим тиском для нього розроблений контур сигналізації тиску. У якості вимірювального приладу обрано перетворювач різниці тисків марки Сапфір-22МП серії 2420 (поз. 6-1) з робочим діапазоном тиску від 0 до 4 МПа. З нього сигнал подається на індикатор марки ІТМ-20У (поз. 6-2) та лампу сигнальну типу ЛС-47 (поз. НЛ1), які сигналізують про поточне значення тиску у реакторі.

#### **4.2.5 Контроль та сигналізація концентрації**

На виході кінцевий продукт має бути заданої концентрації, для цього передбачений контур 9. Для сигналізації було застосовано стаціонарний

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						43
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплект концентратоміра марки КАЦ-021МС (поз. 9-1, 9-2 та 9-3), до складу якого входять: занурювальний датчик довжиною 2 м, вторинний перетворювач та пульт.

Для сигналізації про перевищення ГДК шкідливих речовин в приміщенні (нітробензолу та аніліну), а також вибухонебезпечного водню, розроблено контури автоматизації 10, 11 та 12 відповідно, до яких входять три стаціонарних комплекти сигналізатора-газоаналізатора газів марки Дозор-С (поз. 10-1, 10-2, 11-1, 11-2, 12-1, 12-2), що складається з датчику, розташованих на стелі або стіні цеху синтезу аніліну та пульта, розташованого на щиті керування.

Датчик через кожні 2 секунди передає сигнал на канал (кожен датчик має окремий канал вимірювання) і в разі, якщо значення перевищує допустиме прилад видає світловий та звуковий сигнали.

Розроблена схема автоматизації забезпечує проведення процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу в регламентованому режимі.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 5 Економіко-організаційні розрахунки процесу виробництва аніліну

Процес синтезу органічних речовин є досить поширеним у хімічній технології багатьох виробництв. У даному дипломному проекті розглядається підприємство, що спеціалізується на виробництві аніліну гідруванням нітробензолу.

Основним виробником аніліну на сьогоднішній в Україні є ТОВ “Рубіжне барвник” (м. Рубіжне, Луганська обл.), яке здебільшого зосереджене на випуску синтетичних барвників.

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

### 5.1 Теоретичні відомості для техніко-економічного обґрунтування процесу виробництва аніліну

Метою діяльності будь-якого підприємства є задоволення потреб споживачів у товарах і послугах (у даному проекті продукцією виступає анілін-сирець), і як наслідок отримання максимального прибутку.

Одним з найважливіших показників діяльності підприємства є собівартість продукції, яка комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів, рівень технічного розвитку виробництва, досконалість системи управління та значною мірою визначає кінцеві результати діяльності підприємства – прибуток і рентабельність [21].

Собівартість – це всі витрати на виробництво і реалізацію товару (послуги або виконання роботи) в грошовому вигляді. Розраховується за наступною формулою (5.1):

$$C = A + 063 \quad (5.1)$$

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

де А – амортизація основних засобів, ОбЗ – оборотні засоби.

Амортизація – це економічний процес, що кількісно відображає втрату основними засобами своєї вартості, яка амортизується, та її систематичний розподіл (перенесення) на заново створений продукт (виконану роботу, надану послугу) протягом періоду їх корисного використання (5.2).

$$A = \frac{\Phi_{\text{пп}} + K - \Phi_{\text{лікв}} + P}{T_{\text{експлуат}}} \quad (5.2)$$

де К – витрати на капремонт за час  $T_{\text{експлуат}}$  – термін експлуатації; Р – вартість ліквідації ОЗ.

Норма амортизації – це відсоток амортизаційних відрахувань від балансової вартості основних засобів.

Оборотні засоби – це засоби, що перебувають у розпорядженні підприємства і можуть бути переведені в готівку протягом одного виробничого циклу або року. Оборотні засоби включають запаси матеріалів, залишки готової продукції, дрібне знаряддя з тривалістю використання не меншою 1 року, а також готівку; грошові засоби, вкладені у виробничі оборотні й обігові фонди.

Також до основних техніко – економічних показників належать:

- випуск продукції;
- фондвіддача ОЗ — це відношення обсягу виробленої продукції підприємства до середньорічної вартості ОЗ, що показує, який обсяг виробленої продукції припадає на 1 грн... вартості ОЗ, рівняння (5.3):

$$\Phi_{\text{в}} = \frac{B}{C_{\text{сеп}}} \quad (5.3)$$

де В - запланований випуск продукції за певний період;  $C_{\text{сеп}}$  – середньорічна вартість ОЗ;

- фондоємність ОЗ — це показник, обернений до фондвіддачі. Він показує, яка вартість ОЗ припадає на 1 грн. виробленої продукції, тобто:

$$\Phi_{\text{е}} = \frac{1}{\Phi_{\text{в}}} \quad (5.4)$$

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46



- капіталовкладення (5.5):

$$K = OЗ + OБЗ \quad (5.5)$$

- собівартість продукції (5.6):

$$C = A + Z_{\text{сир}} + \text{ФОП} + Z_{e/e} \quad (5.6)$$

де А - амортизаційні відрахування;  $Z_{\text{сир}}$  – затрати на сировину;  $Z_{e/e}$  – затрати на електроенергію; ФОП - фонд оплати праці, обчислюється за (5.7):

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування} \quad (5.7)$$

де ЗП - заробітна плата, ціна, що сплачується за використану працю, грошова вартість робочої сили; Нарахування - сума коштів, яку підприємство обов'язково сплачує до державних засобів соціального захисту (37%).

- ціна;
- прибуток — абсолютна величина, що характеризує доцільність існування підприємства, розраховується за формулою (5.8):

$$П = Ц - C \quad (5.8)$$

- рентабельність — показник ефективності роботи підприємства, характеризує ефективність повернення вкладених коштів (5.9).

$$P = \frac{П}{C} \times 100 \% \quad (5.9)$$

- економічна ефективність (5.10):

$$E = \frac{П}{K} \quad (5.10)$$

- період повернення капіталовкладень (5.11):

$$T = \frac{1}{E} \quad (5.11)$$

## 5.2 Техніко – економічні показники процесу виробництва аніліну

Цех з виробництва аніліну працює безперервно, 24 години на добу, 365 діб на рік, у якому працює 21 особа, перелік яких наведений у таблиці 5.1. Згідно з нормами технічного проектування режим роботи працівника в умовах

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

безперервного робочого тижня та за шкідливих умов праці становить 6 годин на добу.

Таблиця 5.1 – Заробітна платня персоналу

Графік змін на підприємстві: 1-а зміна: 06.00-12.00; 2-а зміна: 12.00-18.00; 3-я зміна: 18.00-00.00; 4-а зміна: 00.00-06.00.

Для забезпечення безперервної роботи підприємства необхідно і достатньо 5 бригад. До складу бригади входять: начальник зміни, який контролює роботу працівників та процесу вцілому, апаратник, що слідкує за роботою апаратів та проходженням технологічного процесу та слюсар-механік, який відповідає за технічне обслуговування апаратів і ремонт. Решта посад не приймає безпосередньої участі у технологічному процесі, тому вони не потребують змінності. Складемо графік змінності (таблиця 5.2):

Таблиця 5.2 – Графік змінності бригад

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Розрахуємо явочну чисельність персоналу:

$$\begin{aligned} \text{Ч}_{\text{персоналу явочна}} &= \text{директор} + \text{фінансовий директор} + \text{начальник зміни} + \\ &+ \text{апаратник} + \text{слюсар механік} + \text{завідувач господарством} + \\ &+ \text{прибиральниця} + \text{працівник служби безпеки} = 8 \text{ осіб/зміна} \end{aligned}$$

Розрахуємо чисельність персоналу за списком:

$$\begin{aligned} \text{Ч}_{\text{персоналу за списком}} &= \text{директор} + \text{фінансовий директор} + \\ &+ 5 \text{ начальників змін} + 5 \text{ апаратників} + 5 \text{ слюсарів механіків} + \\ &+ \text{завідувач господарством} + \text{прибиральниця} + \\ &+ 2 \text{ працівника служби безпеки} = 21 \text{ особа} \end{aligned}$$

Розрахуємо заробітну платню для всіх працівників за рік:

$$\begin{aligned} \text{ЗП} &= 120000 + 84000 + 5 \times 72000 + 5 \times 60000 + 5 \times 48000 + 60000 + \\ &+ 36000 + 2 \times 36000 = 1272000 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Відповідно до чинного законодавства, відрахування на соціальні виплати становлять 37%. Визначимо фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} \times 1,37 = 1272000 \times 1,37 = 1742640 \text{ грн/рік}$$

Згідно завдання, для забезпечення виходу 445 кг аніліну за годину, необхідно забезпечити подачу сировини: 6000 м<sup>3</sup> (540 кг) водню та 600 кг нітробензолу. Розрахуємо річний випуск продукції:

$$\text{В}_{\text{рік}} = \text{В}_{\text{год}} \times 24 \times 365 = 445 \times 24 \times 365 = 3898,2 \text{ т/рік}$$

Затрати на сировину наведені у таблиці 5.3:

Таблиця 5.3 – Розрахунок вартості сировини для виробництва аніліну

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Розрахуємо витрати на електроенергію за нерегульованим тарифом, тариф за приєднану потужність:  $T_{\text{пр}} = 0.5$  грн/ кВт; Потужність обладнання:  $N_{\text{об}} = 60$  кВт/т; Освітлення цілодобове:  $N_{\text{ос}} = 30$  кВт/добу. Підприємство працює цілодобово, 365 днів на рік. Річні витрати на електроенергію становлять:

$$Z_{e/e} = P_{\text{пр}} \times T_{\text{пр}} + T_{\text{нерег}} \times (N_{\text{обл}} \times V_{\text{год}} + N_{\text{ос}} \times 365) = 5000 \times 0,5 + 1 \times (60 \times 445 + 30 \times 365) = 40150 \text{ грн/рік}$$

Опалювальний період триває 7 місяців (жовтень-квітень). Річна норма споживання теплової енергії на опалення становить 0,162 Гкал/м<sup>2</sup>. Вартість 1 Гкал для підприємств дорівнює 1550,6 грн. Визначимо затрати на опалення цеху площею 100 м<sup>2</sup>:

$$Z_{\text{опал}} = 0,162 \times 100 \times 1550,6 = 25120 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо оборотні засоби підприємства:

$$\begin{aligned} \text{ОбЗ} &= \text{ОбФ} + \text{ФОП} = Z_{\text{сиров}} + Z_{e/e} + Z_{\text{опал}} + \text{ФОП} = \\ &= 316346125 + 40150 + 25120 + 1272000 = 317683395 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Основні фонди підприємства наведені у таблиці 5.4:

Таблиця 5.4 – Основні фонди підприємства

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						50
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо вартість основних фондів:

$$\begin{aligned} \text{ОФ} = & 1000000 + 700000 + 125000 + 300000 + 70000 + 2 \times 30000 + \\ & + 2 \times 30000 + 3 \times 60000 + 2 \times 30000 + 20000 + 100000 + 2500 + \\ & + 150000 + 10000 = 2837500 \text{ грн} \end{aligned}$$

Знаючи вартість основних фондів та норми амортизації, розраховуємо величину амортизаційних відрахувань:

$$\begin{aligned} A = & 0,05 \times (1000000 + 700000) + 0,2 \times (125000 + 300000 + 70000 + \\ & + 2 \times 30000 + 2 \times 30000 + 3 \times 60000 + 2 \times 30000 + 20000 + 100000 + \\ & + 150000) + 0,25 \times 100000 + 2500 = 541000 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Розраховуємо собівартість виробництва аніліну за рік:

$$C_{\text{рік}} = A + \text{ОбЗ} = 541000 + 317683395 = 318224395 \text{ грн/рік}$$

Визначимо собівартість тони продукції:

$$C = \frac{C_{\text{рік}}}{V_{\text{рік}}} = \frac{318224395}{3898,2} = 81633,7 \text{ грн/т}$$

Ціна аналогічної продукції на ринку складає 160 грн/кг. Визначимо вартість 1 тони аніліну:

$$\text{Ц} = 160 \times 1000 = 160000 \text{ грн/т}$$

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



### 5.3 Техніко – економічні показники розробки програмного забезпечення для перевірного розрахунку реактора

Оскільки майже всі хімічні перетворення відбуваються в реакторах і завданням кожного підприємства є мінімізація затрат і отримання максимального прибутку, то доцільним було б створення комп'ютерної програми, яка б дозволяла виконувати перевірочний розрахунок реактора для забезпечення оптимальних показників виробничого процесу.

Відповідно до календаря навчального процесу весь виробничий цикл становить 3 місяці – з них 1 місяць на розробку програми, а 2 місяці на просування та реалізація продукту на ринку.

Для забезпечення виробництва, необхідно набрати штат фахівців, що наведений у таблиці 5.5:

Таблиця 5.5 – Заробітна платня фахівців при розробці програми

Як видно з таблиці 5.5, програміст та маркетолог працюють за відрядною формою оплати праці, а консультанти-помічники – за акордною (500 грн – 10 робочих годин з оплатою 50 грн/год).

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Відповідно до чинного законодавства, відрахування на соціальні виплати становлять 37%. Визначимо фонд оплати праці:

$$\Phi\Pi = 3\Pi \times 1,37 = 14500 \times 1,37 = 19865 \text{ грн}$$

До оборотних фондів належать затрати на електроенергію. Так як підприємство мале, і не потребує великих витрат електроенергії, припустимо, що для забезпечення процесу достатньо буде 100 кВт·год на місяць. Вартість 1 кВт·год становить 0,57 грн. Визначимо затрати:

$$\text{Об}\Phi = 3_{e/e} = 3 \times 100 \times 0,57 = 171 \text{ грн}$$

Обчислимо оборотні засоби:

$$\text{ОбЗ} = \text{Об}\Phi + \Phi\Pi = 171 + 19865 = 20036 \text{ грн}$$

Визначимо амортизаційні відрахування, враховуючи той факт, що термін експлуатації основних фондів складає лише 3 місяці (1 на розробку та 2 місяці на реалізацію). Основні фонди, наведені у таблиці 5.6:

Таблиця 5.6 – Основні фонди підприємства

Визначимо вартість основних фондів:

$$\text{ОФ} = \text{А} = 21000 + 5000 + 1125 = 27125 \text{ грн}$$

Розрахуємо собівартість виробничого процесу:

$$\text{С} = \text{А} + \text{ОбЗ} = 27125 + 20036 = 47161 \text{ грн}$$

Отже, мінімальна сума затрат для виробництва програмного модуля та його реалізації становить 47161 грн. Орієнтовна ціна продажу аналогічної програми на ринку (при масовому тиражу) складає 5000 грн.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54



Для того щоб підприємство не було збитковим, визначимо норму беззбитковості. Точка (норма) беззбитковості – це мінімальний розмір партії продукції, що випускається, при якому досягається «нульовий прибуток», тобто рівність доходів від продажів і витрат виробництва. Подальше збільшення об'єму продажів призводить до появи прибутку.

Точка беззбитковості рахується за формулою:

$$K = \frac{V_{\text{п}}}{\text{Ц} - V_{\text{з}}}$$

де  $K$  – кількість продукції, од;  $\text{Ц}$  – ціна одиниці продукції, грн;  $V_{\text{п}}$  – постійні витрати;  $V_{\text{з}}$  – змінні витрати.

У даному випадку, розробка програми не вимірюється обсягами діяльності, оскільки вона розроблюється лише 1 раз, решта примірників записуються (копіюються) з оригіналу, тому змінними витратами можна знехтувати. Постійні витрати являють собою собівартість. Тому перепишемо формулу беззбитковості наступним чином:

$$K = \frac{C}{\text{Ц}} = \frac{47161}{5000} = 9,43 \approx 10 \text{ од.}$$

Отже, мінімальна кількість програм, які необхідно продати, для отримання мінімального прибутку – 10 шт. Розрахуємо основні економічні показники при продажі 15 програм за один виробничий цикл (3 місяці):

Прибуток з продажу становить:

$$\text{П} = \text{Ц} - C = 15 \times 5000 - 47161 = 27839 \text{ грн}$$

Рентабельність:

$$P = \frac{\text{П}}{C} \times 100\% = \frac{27839}{47161} \times 100\% = 0,59 \%$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОбЗ} = 27125 + 20036 = 47161 \text{ грн}$$

									Арк.
									55
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ХА 2125 1490 001 ПЗ

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{47161}{27839} = 1,69 \text{ циклів} \times 3 \text{ міс.} = 5 \text{ місяців}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{27839}{47161} = 0,59$$

Фондовіддача основних фондів:

$$\Phi B = \frac{\text{Ц}}{\text{ОФ}} = \frac{75000}{27125} = 2,76 \text{ грн/цикл}$$

Фондоємність:

$$\Phi \epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{2,76} = 0,36 \text{ грн/грн}$$

З отриманих результатів можна зробити висновок, що розробка комп'ютерної програми є економічно доцільною і вигідною

#### **5.4 Техніко – економічні показники процесу виробництва аніліну з впровадженням програмним забезпеченням**

Враховуючи те, що програмне забезпечення для перевірного розрахунку трубчастого реактора було розроблене під конкретного замовника, то воно було придбане у підприємства-розробника за 75000 грн, разом із правами на копіювання та продаж. Знайдемо собівартість продукції.

Оборотні засоби підприємства залишаться незмінними:

$$\begin{aligned} \text{ОбЗ} &= \text{ОбФ} + \text{ФОП} = \text{З}_{\text{сиров}} + \text{З}_{\text{е/е}} + \text{З}_{\text{опал}} + \text{ФОП} = \\ &= 316346125 + 40150 + 25120 + 1272000 = 317683395 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Визначимо вартість основних фондів:

$$\text{ОФ} = \text{ОФ}_{\text{без програми}} + \text{Ц}_{\text{програми}} = 2837500 + 75000 = 2912500 \text{ грн}$$

Норма амортизації для програмного забезпечення становить 50% на рік, знайдемо величину амортизаційних відрахувань:

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



Фондоємність:

$$\Phi\epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{214,2} = 0,0047 \text{ грн/грн}$$

Фондоозброєність персоналу:

$$\Phi O = \frac{O\Phi}{\text{Ч}_{\text{персоналу за списком}}} = \frac{2912500}{21} = 138690,5 \frac{\text{грн}}{\text{ос.}}$$

Усі розраховані показники до впровадження та після впровадженням програми наведені у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Порівняльна характеристика основних техніко-економічних показників підприємства з виробництва аніліну до впровадження та після впровадження програми

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Як видно з таблиці 5.7, річна собівартість продукції збільшиться на 0,012 %, а прибуток зменшиться на 0,012 %. Рентабельність підприємства залишиться незмінною, на рівні 96 %, період повернення капіталовкладень становитиме близько 1 року. Звідси можна зробити висновок, що впровадження програмного забезпечення для перевірного розрахунку трубчастого реактора є економічно доцільним, оскільки прибуток підприємства після впровадження майже не зміниться, проте завдяки програмі, цех з виробництва аніліну надійно працюватиме у встановленому режимі, із встановленим річним випуском продукції, а отже отримуватиме стабільний прибуток.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## **6 Охорона праці, виробнича санітарія та техніка безпеки проведення виробничого процесу**

Виробництво аніліну гідруванням нітробензолу характеризується наявністю у технологічному процесі шкідливих, вибухонебезпечних речовин, а також використанням електричної та теплової енергії. Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці. На базі аналізу шкідливих і небезпечних факторів розроблено заходи для забезпечення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

### **6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів**

#### **6.1.1 Повітря робочої зони**

Роботи за важкістю, що виконуються у цеху синтезу, відповідно до [22], відносяться до категорії Па. Санітарні та допустимі норми параметрів мікроклімату для робочих приміщень наведені у таблиці 1.

Таблиця 6.1 – Санітарні та допустимі норми параметрів мікроклімату цеху

В таблиці 6.2 наведено основні санітарні характеристики підприємства, що розглядається, а саме цеху синтезу аніліну.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика виробництва

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Основними компонентами, що застосовуються у виробництві, є водень та нітробензол, які подаються у газоподібній формі до реактора. Для того щоб запобігти витоку токсичних та вибухонебезпечних газів та зростанню їх концентрації у повітрі над робочою зоною передбачено ряд засобів та заходів.

Для нормалізації повітря робочої зони проектом передбачено використання системи штучної вентиляції. Природний обмін повітря здійснюється за допомогою вікон.

Для нормалізації мікроклімату застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію, для рівномірного повітрообміну. Місцева вентиляція служить для подачі свіжого повітря до робочого місця.

Для підвищення ефективності вентиляційних систем передбачена герметизація всього технологічного обладнання.

Передбачено аварійну вентиляцію (тільки витяжна), призначена для швидкого видалення великих кількостей шкідливих та вибухонебезпечних речовин, а також забрудненого газом повітря, що виникає при порушеннях технологічного процесу або аваріях технологічного обладнання.

Для контролю мікроклімату використовуються: термометри, психрометри та анемометри.

### **6.1.2 Виробниче освітлення**

Згідно [23] у відділенні проводяться зорові роботи розряду VІІа (постійне загальне спостереження за ходом виробничого процесу).

Передбачено штучне загальне освітлення, а також охоронне, аварійне. Приміщення освітлюється за допомогою дволампових світильників типу ШОД (закриті знизу металевими ґратами, з боків – склом), які розміщені у два ряди і в кожному з яких знаходяться люмінесцентні лампи потужністю 40 Вт, типу ЛД 40. При відключенні робочого освітлення передбачене аварійне освітлення. Для аварійного освітлення застосовано лампи розжарення та люмінесцентні лампи.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62



Згідно ДБН В.2.5.28-06, з урахуванням розраду зорових робіт, нормоване значення освітленості на робочому місці  $E_n = 200$  лк.

Розрахуємо необхідну кількість світильників, що забезпечують нормоване значення освітленості. Виробничий процес відбувається у приміщенні довжиною 15 м, висотою 3 м і шириною 4 м. Стеля приміщення свіжопобілена  $\rho_{сл} = 70\%$ , стіни мають світло-сірий колір  $\rho_{сн} = 50\%$ , підлога з дубового паркету  $\rho_{п} = 30\%$ . Висота робочої поверхні  $h_p$  становить 0,8м. Для розрахунку освітленості приймаємо коефіцієнт запасу ( $k_3$ ) рівним 1,5, а коефіцієнт нерівномірності ( $z$ ) рівним 1,1.

Згідно ДБН В.2.5.28-06, з урахуванням типу і потужності ламп, світловий потік кожної з них становить  $F_{л} = 2340$  лм.

Обчислимо індекс приміщення за формулою [24]:

$$i = \frac{a \times b}{h_c \times (a + b)} = \frac{15 \times 4}{2,2 \times (15 + 4)} = 1,43$$

де  $a$ ,  $b$  – довжина і ширина приміщення відповідно, м;  $h_c$  – висота підвісу світильника над робочою поверхнею ( $h_c = h - h_p = 2,2$ ), м.

Згідно ДБН В.2.5.28-06, з урахуванням з індексу приміщення ( $i$ ) та коефіцієнтів відбиття стелі, стін і підлоги ( $\rho_{сл}$ ,  $\rho_{сн}$ ,  $\rho_{п}$ ), коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,45$ .

Обчислимо кількість світильників, необхідних для досягнення оптимального значення освітленості:

$$N_p = \frac{S \times k_3 \times z \times E_n}{F_{л} \times n \times \eta} = \frac{60 \times 1,5 \times 1,1 \times 200}{2340 \times 2 \times 0,45} \approx 10$$

Обчислимо освітлюваність приміщення з оптимальною кількістю світильників:

$$E_p = \frac{F_{л} \times N_p \times n \times \eta}{S \times k_3 \times z} = \frac{2340 \times 10 \times 2 \times 0,45}{60 \times 1,5 \times 1,1} = 212,7 \text{ лк}$$

Порівняємо фактичне значення освітленості, що створює у приміщенні задана система загального штучного освітлення, з нормативним значенням штучного освітлення робочої зони:

										Арк.
										63
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\left| \frac{E_n - E_p}{E_n} \right| \times 100\% = \left| \frac{200 - 212,7}{200} \right| \times 100 = 6,35\%$$

Як видно, фактичне значення освітлюваності має відхилення на рівні 6,35% від нормативного, проте знаходиться у допустимих межах, тому запропоновану систему освітлення можна вважати ефективною.

Освітленість у приміщеннях контролюється за допомогою люксметра Ю-116 з періодичністю 1 раз на рік після ремонту освітлювальних установок та заміни ламп.

При відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

### **6.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій**

Джерелами шуму і вібрації є газодувка, реактор, випарник, теплообмінники та сепаратори, а також рух речовин по трубопроводам.

Відповідно до [25] допустимий рівень звуку у приміщенні та на робочих місцях становить 80 дБА. Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 6.3.

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

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

### Таблиця 6.3 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

В якості індивідуальних засобів захисту від шуму, згідно з [26], передбачено м'які протишумові вкладки. Для захисту рук від дії вібрацій застосовують рукавиці з спеціальними віброзахисними вставками. Для захисту від вібрацій що передаються через ноги передбачено взуття товстою резиноюв подошвою. Для вимірювання шуму та вібрації використовується вимірювач шуму та вібрації марки ВШВ-003.

#### 6.1.4 Електробезпека

Електричне устаткування на виробництві живиться від трифазної чотирихпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтралю. Відповідно до [27], для змінного струму із частотою 50 Гц гранично допустимі значення напруги

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

дотику й струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі  $I_{л} = 6 \text{ мА}$ ,  $U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}$ ; при нормальному режимі роботи електричного обладнання  $I_{л}=0,3 \text{ мА}$ ,  $U_{\text{дот}} = 2 \text{ В}$ .

Порівняємо розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi} \times 10^3}{R_{л} + R_0}, \text{ мА}$$

де  $R_{л} = 2...4 \text{ кОм}$ , опір тіла людини;  $R_0 = 40 \text{ Ом}$ , опір нейтралі заземлення;  $U_{\phi}=220$ , фазова напруга, В.

$$U_{д} = I_{л} \times R_{л} \times 10^3 = 0,05 \times 4000 = 220 \text{ В}$$

Таблиця 6.4 – Класифікація приміщень по ступеню небезпеки враження електричним струмом

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

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

Для забезпечення індивідуального захисту використовують діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, ізолюючі підставки, гумові килимки, тимчасові огороження, захисні окуляри. Для запобігання прямих ударів блискавки

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

споруди захищені стрижньовими блискавковідводами. Електричне обладнання закритого типу, яке встановлюють на заводі, має пило- та вологонепроникне виконання.

### **6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання**

Процес отримання аніліну гідруванням нітробензолу характеризується наявністю великої кількості небезпечних речовин:

- токсичних та вибухонебезпечних газів (водень, нітробензол, анілін);
- використанням різного обладнання під високим тиском (до 0,5 МПа).

Тому, порушення правил експлуатації обладнання, техніки безпеки, пожежної безпеки, норм технологічного режиму можуть стати причинами аварій та травматизму. Особливо суворо дотримують правила безпеки при проведенні ремонтних, монтажних і очисних робіт.

Можливими джерелами виділення шкідливих речовин є:

- порушення герметичності апаратів і трубопроводів;
- нещільність кранів; вентилів; аналітичних забірних точок;
- людський фактор (захащення робочого місця, невиконання правил з техніки безпеки, тощо).

Також передбачено проводити регулярні профілактичні та ремонтні роботи обладнання, оскільки цех працює безперервно та характеризується можливістю зносу та виходу із строю апаратів.

### **6.1.6 Пожежна безпека**

У виробничому цеху, що проектується, можливими причинами пожежі можуть бути наступні фактори:

- перенавантаження електрообладнання;
- теплова дія;

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

- механічне пошкодження електромережі;
- прямий удар блискавки в будівлю.
- витік водню, і як наслідок утворення так званої “тримучий газ”;

Протипожежними заходами є:

- ✓ встановлення плавких запобіжників;
- ✓ використання стиржньових блискавковідводів;
- ✓ встановлення газоаналізатора повітря.

Будівля хімічного цеху, збудована з негорючого матеріалу другого ступеня вогнестійкості. В якості сигналізації встановлені датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок. З метою дотримання правил пожежної безпеки у проекті передбачено такі запобіжні заходи: розділення апаратів протипожежними перегородками на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, протипожежний водопровід, ємності з піском і пожежні щити. Передбачається захист ізоляції від теплового впливу. Захист від прямих ударів блискавки забезпечується стиржньовим блискавковідводом. В цеху для пригнічення пожежі передбачено сухий пісок, азбестові ковдри, порошкові вогнегасники, які є найбільш універсальними по області застосування й по робочому діапазоні температур. В приміщенні є евакуаційний вихід на випадок виникнення пожежі. Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 6.5.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Таблиця 6.5 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

## Висновки

В даному дипломному проекті проведений комп'ютерний розрахунок процесу отримання аніліну гідруванням нітробензолу.

Було вирішено наступні задачі:

1. Розроблено технічне завдання на розробку програмного забезпечення;
2. Проаналізовано технологічну схему виробництва аніліну та особливості її експлуатації;
3. Розраховано матеріальний баланс схеми синтезу аніліну за допомогою середовища ChemCad;
4. Відповідно до математичної моделі процесу було розроблено обчислювальний модуль для перевірного розрахунку трубчастого реактора ідеального витіснення неперервної дії у середовищі Visual C++.  
Також розрахунок було проведено у середовищі MathCad;
5. Розроблено схему для автоматичного регулювання реактора синтезу та основного обладнання процесу, підібрані необхідні технічні засоби;
6. Визначено можливі джерела екологічної небезпеки, а також проаналізовано шкідливі і небезпечні виробничі фактори, запропоновано шляхи їх усунення;
7. Визначено основні техніко-економічні показники підприємства, проведено аналіз доцільності його створення.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70



## Перелік посилань

1. Гавриленко В.А. Состояние и перспективы развития зарубежного рынка анилина [Текст] / В.А. Гавриленко. – М.: НИИТЭТИМ, 2005. – 21 с.
2. Лазарева В.А. Анилин. Обзор рынка [Текст] / В.А. Лазарева. – М.: Merchant Research & Consulting, Ltd. НИИТХИМ, 2005. – 49 с.
3. Чекалин М.А. Технология органических красителей и промежуточных продуктов [Текст] / М.А. Чекалин, Б.В. Пассет, Б.А. Иоффе. – Л.: Химия, 1980. – 472 с.
4. Беркман Б.Е. Промышленный синтез ароматических нитросоединений и аминов [Текст] / Б.Е. Беркман. – М.: изд. Химия, 1964. – 344 с.
5. Бугаєва Л.М. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів [Текст] / Л.М. Бугаєва, Ю.О. Безносик, Ю.О. Статюха. – К.: Політехніка, 2014. – 132 с.
6. Шаган Д.В. Комп'ютерне моделювання процесу перетворення нітробензолу до аніліну [Текст] / Д.В. Шаган, Ю.О. Безносик, Л.М. Бугаєва // Сборник статей XII междунар. заоч. науч.-практ. конф. “Развитие науки в XXI веке” 2 часть, г. Харьков, 16 апреля 2016 г. – Х.: научно-информационный центр “Знание”, 2016. – С. 10-15.
7. Николаев Ю.Т. Анилин [Текст] / Ю.Т. Николаев, А.М. Якубсон. – М.: Химия, 1984. – 152 с.
8. Gharda K.H The aniline syntheses on cobalt catalysts [Text] / K.H. Gharda, S.M. Slipevich // Industr. Eng. Chem. – 1960. – Vol.52. – №5. – P. 417.
9. Rihani D.N. Nitrobenzene hydrogenation with use copper-nickel catalyst [Text] / D.N. Rihani, T.K. Narayanan, L.K. Doraiswamy // Industr. Eng. Chem., Proc. Des. Devel. – 1965. – Vol.4. – №4. – P. 403.

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71





# ДОДАТКИ

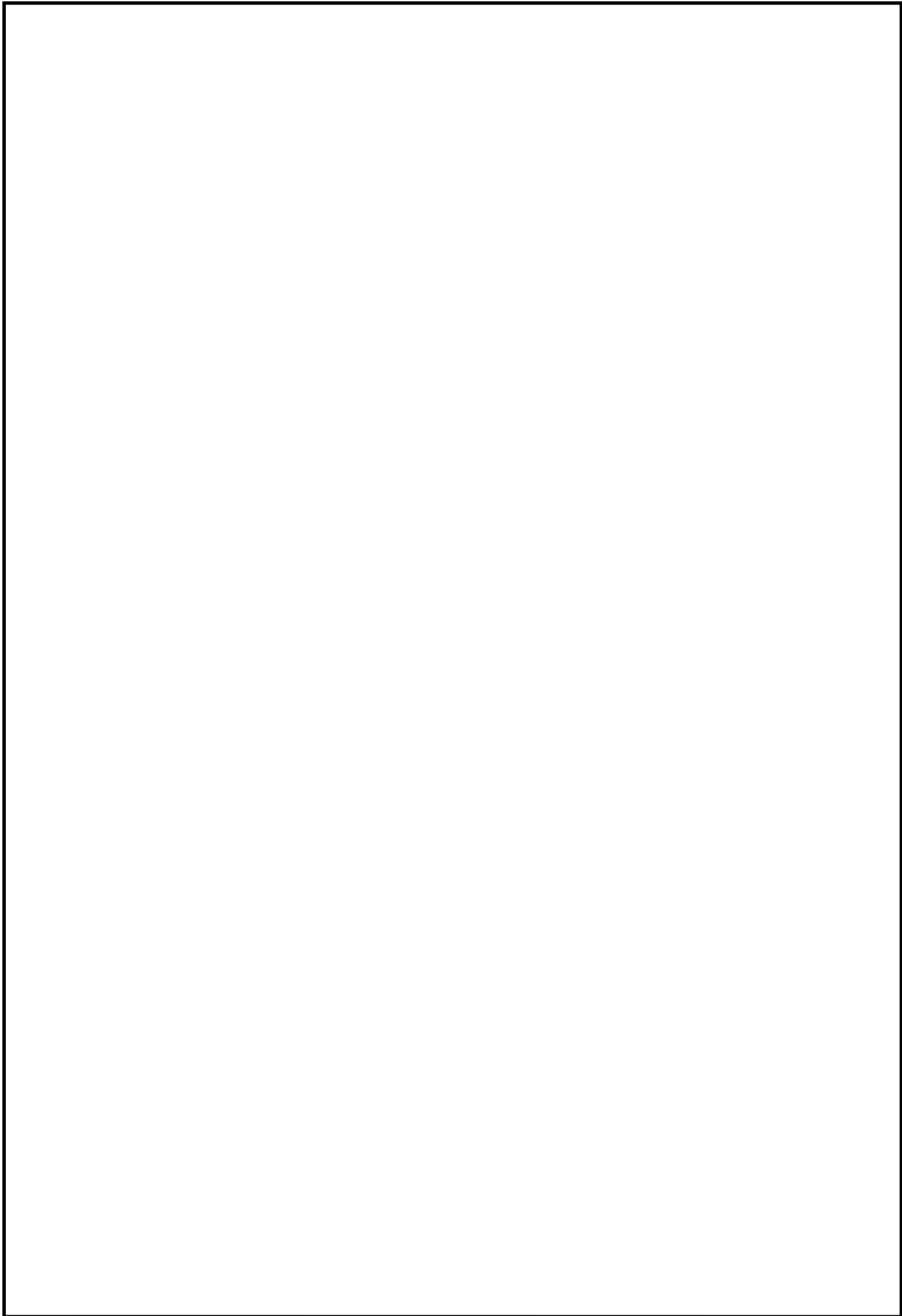
Додаток А

## Розрахунок матбалансу у середовищі ChemCad

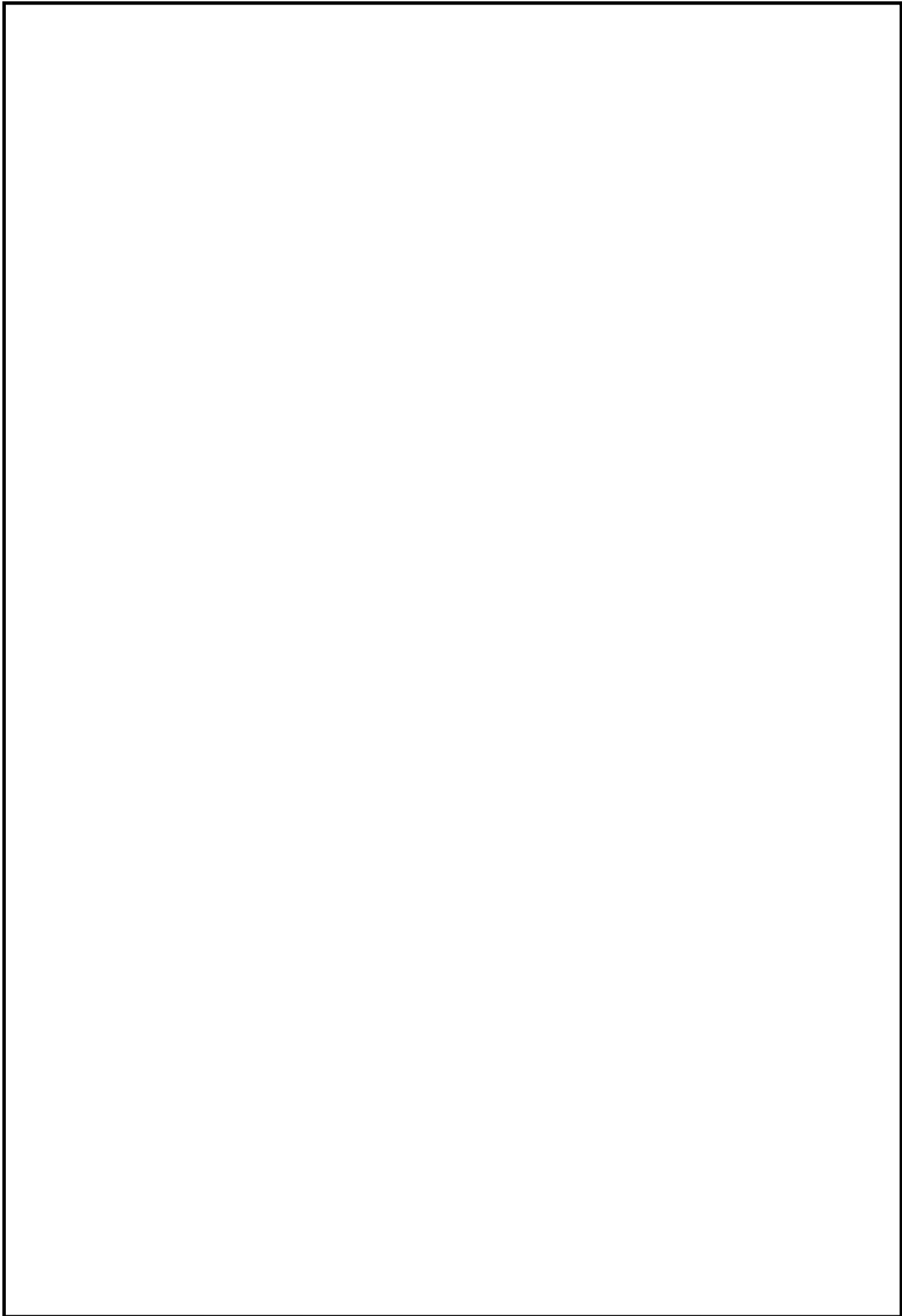
					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						74
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Моделювання трубчастого реактора синтезу аніліну

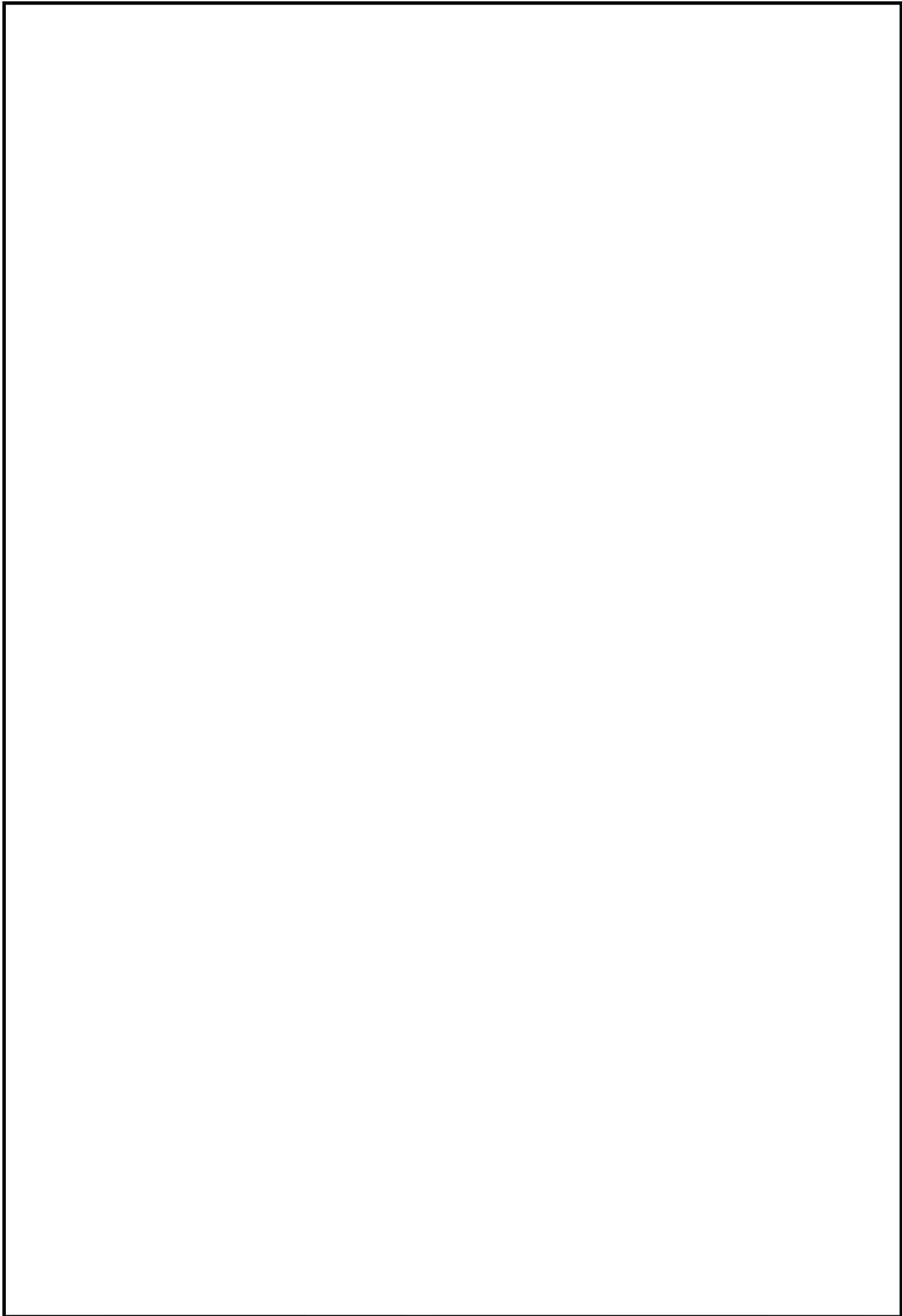
					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						75
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76



					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						77
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78



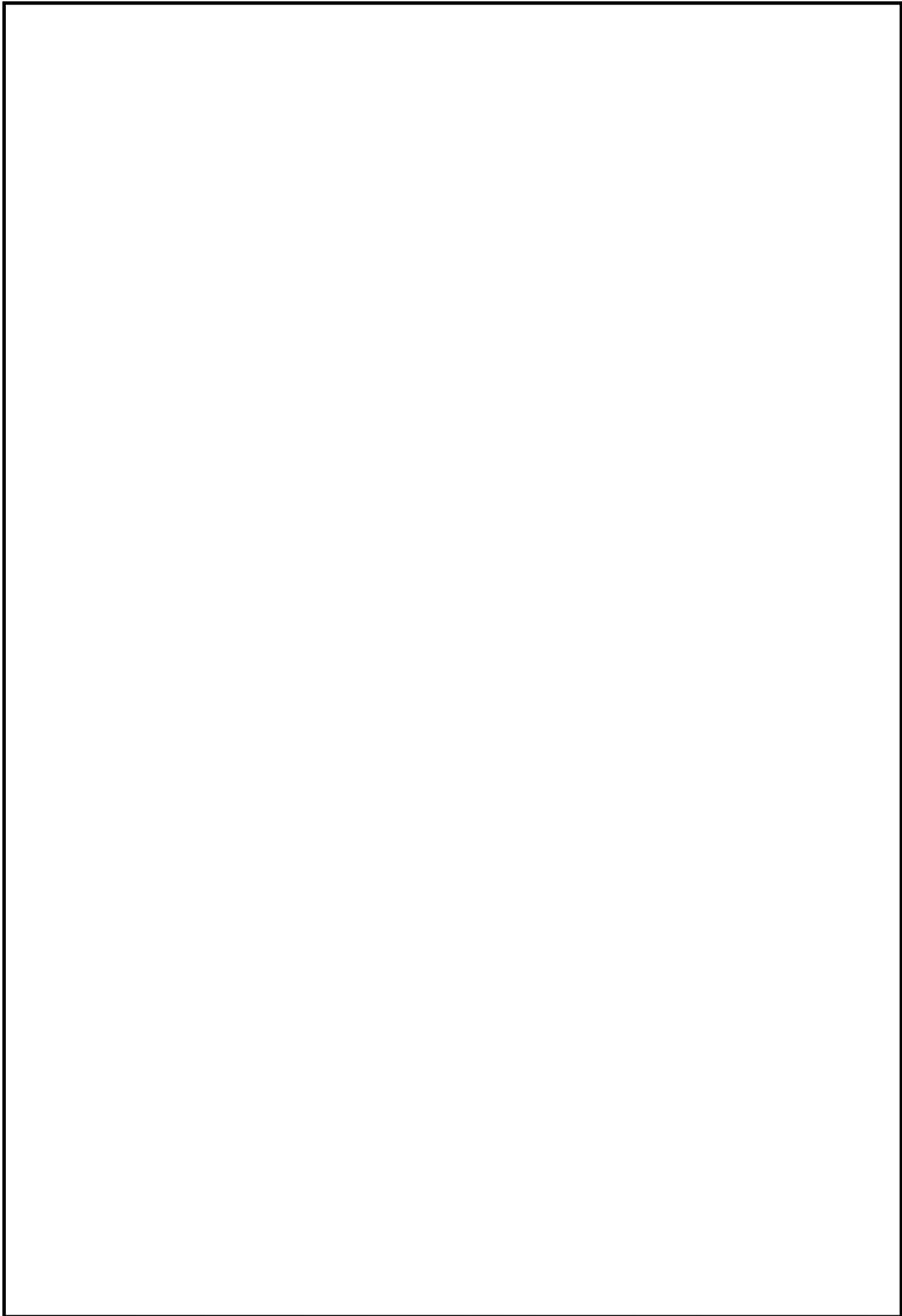
Алгоритм обчислювального модуля

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						79
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

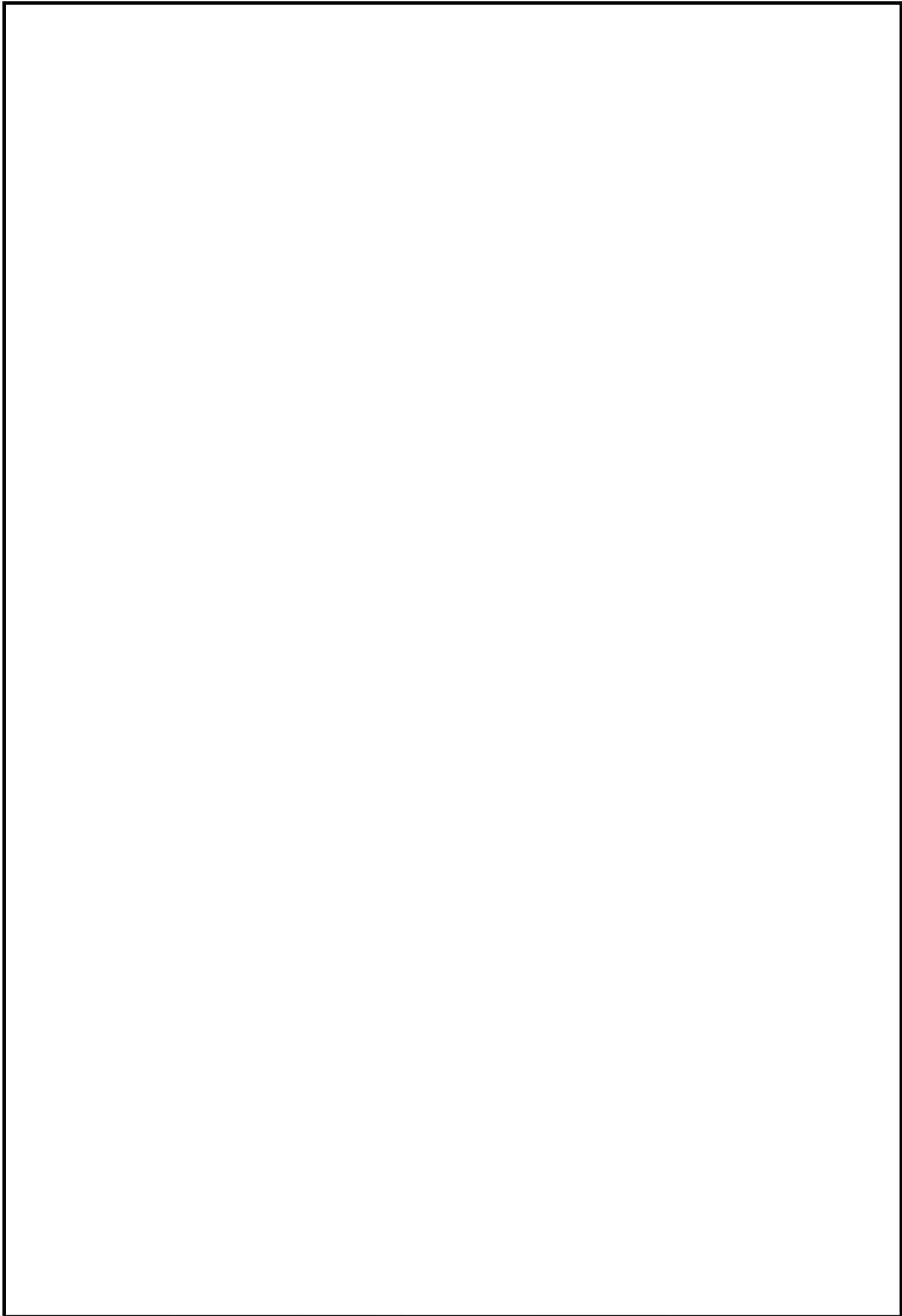
Програмний код обчислювального модуля

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						80
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

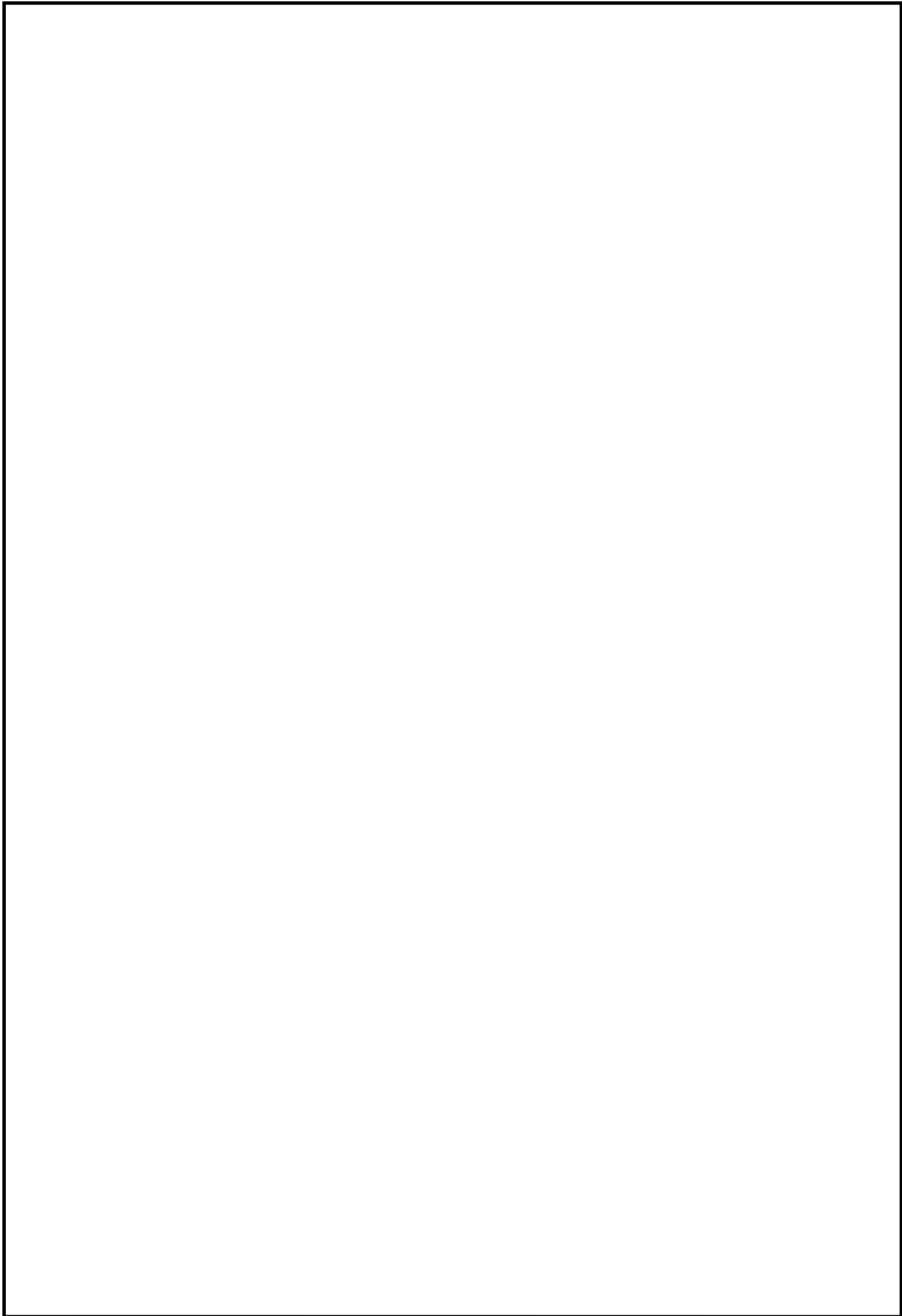
					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81



					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
						82
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83



					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86



					ХА 2125 1490 001 ПЗ	Арк.
Вик	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87