

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 6th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VI Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил України
Публічне акціонерне товариство «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 6th International Research and Practical Conference

CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VI Міжнародної науково-практичної конференції
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 23-25 листопада 2022 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2022

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету

Члени редакційної колегії:

Лукашов В.К. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Тур О.М. – завідувач кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н.;

Бондар Н.Ю. – доцент кафедри економіки та управління, к.філ.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.

Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 23 - 25 листопада 2022 року. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 267 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VI Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництв та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництв різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут
Сумського державного університету, 2022
© Сумський державний університет, 2022

ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗДІЛЮЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ УСТАНОВОК ПІДГОТОВКИ ГАЗУ

О.О. Ляпощенко, В.Ф. Моїсєєв, О.О. Мандрика, Сейф Хуссейн

Сумський державний університет, Суми, Україна
v.f.moiseev1209@gmail.com

Процес сепарації використовується у нафтогазовій промисловості для процесів газопідготовки. З нафтових і газових родовищ видобувають багатокомпонентну суміш яка складається з газової та рідкої фази, може містити пластову воду і механічні домішки, які знижують якість продуктів її переробки. На установках підготовки газу з газового потоку відділяють воду і механічні домішки. Підготовка та переробка нафти і газу – це складні технологічні процеси, які реалізують за допомогою технологічних ліній, а існуючі установки не завжди є високоефективними та потребують вдосконалення, оскільки з часом кількість цільових компонентів у сировині, що добувається зі свердловини, знижується, а вміст води, парафінів та інших шкідливих домішок зростає.

Метою роботи є моделювання та аналітичне дослідження промислових установок підготовки газу з метою підвищення ефективності та продуктивності їх роботи, що дозволить отримувати продукцію високої якості навіть при низькій якості сировини.

Недостатній рівень сепарації газу приводить до низької гідравлічної ефективності промислових газопроводів, суттєвих перевитрат енергії, яка витрачається на компримування газу, зростання експлуатаційних витрат, можливості утворення газогідратних пробок у промислових системах збору і транспорту газу, зниження ефективності роботи технологічного обладнання промислів. У конструкціях сепараторів відокремлення газу від рідких і твердих домішок базується на випаданні частинок при малих швидкостях руху газового (газоконденсатного) потоку внаслідок дії сил тяжіння або інерційних (відцентрових) сил, що виникають при криволінійному русі потоку. Крім того в газових сепараторах передбачена коагуляційна секція [1].

У самому процесі сепарації бере участь дуже велика кількість окремих дрібних частинок, серед яких зустрічаються частинки з проміжними властивостями щодо необхідних ознак. З вихідної суміші після промислової сепарації не можуть вийти абсолютно чисті фракції розділених компонентів, а лише продукти з переважаючим їх вмістом.

Одним із сучасних інструментів прогнозування та визначення основних параметрів роботи промислових установок підготовки газу є хіміко-технологічні моделювання за допомогою САЕ-систем термодинамічного моделювання, таких як CHEMCAD, Aspen HYSYS [2]. Слід зазначити, що одним із головних факторів отримання достовірних результатів моделювань у цих програмних комплексах є вибір термодинамічних моделей розрахунку технологічних процесів. Для дослідження процесів сепарації та тепломасообміну, в яких присутні вуглеводневі компоненти, рекомендується використовувати моделі UNIFAC-value, Soave-Redlich-Kwong (SRK), Rautenbach model та Peng – Robinson, що підходять для обчислення матеріальних і теплових балансів, констант рівноваги вуглеводневих систем при помірних та високих значеннях тисків [3-4].

Моделювання проводилися в програмному комплексі ChemCAD. Установка підготовки газу складається з сепараторів I та II ступеня очищення, трифазного

сепаратора, розширювального пристрою (дроселя) та теплообмінників. Функціональну схему установки зображено на рис. 1.

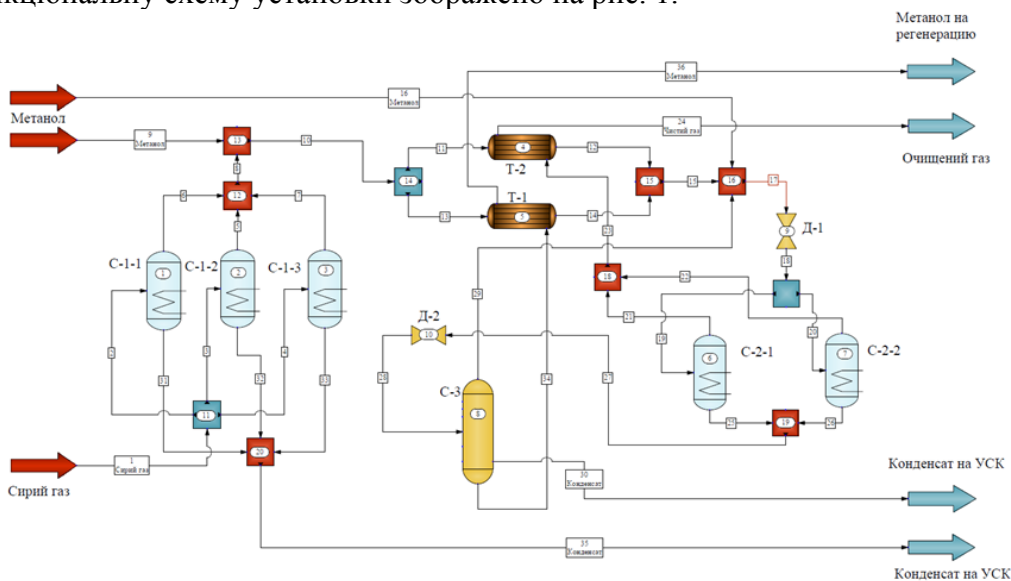


Рисунок 1 Функціональна схема установки підготовки газу
C-1-1, C-1-2, C-1-3 – сепаратори I ступені; C-2-1, C-2-2 – сепаратори II ступені; C-3 – трифазний сепаратор; T-1, T-2 – теплообмінник; Д-1, Д-2 – дросель

Установка працює наступним чином. Сирий газ подається на сепаратор I ступеня (C-1-1, C-1-2, C-1-3) де відділяється рідка фаза (пластова вода з розчиненими інгібіторами і сконденсувалася вуглеводневий конденсат). Очищений газ прямує в рекуперативні теплообмінники (T-1, T-2) для рекуперації холоду з потоків, після дроселювання. Для попередження гідратуутворення в потік газу перед теплообмінниками впорскують моно, діетілен - гліколь (ДЕГ) або метанол. При наявності вільного перепаду тиску (надлишкового тиску промислового газу) охолоджений газ з теплообмінників надходить в розширювальний пристрій – дросель, детандер (Д-1).

Після охолодження в розширювальному пристрої або випарнику газ надходить в сепаратор II ступеня (C-2-1, C-2-2) де з потоку газу відокремлюються сконденсувати рідкі вуглеводні і водний розчин інгібітору гідратуутворення.

Газ з сепаратора II ступеня через теплообмінник T-2 подається в магістральний газопровід. Рідка фаза через дросель Д-2 надходить в трифазний сепаратор C-3, звідки газ вивітрювання ежектором повертається в основний потік. Водний розчин інгібітору, що виводиться знизу сепаратора C-3, направляється на регенерацію, а газовий конденсат на стабілізацію на установку стабілізації конденсату (УСК).

Обираємо одиниці виміру в системі СІ. Вибираємо робочі речовини: метан, етан, пропан, бутан, і-бутан, пентан, і-пентан, гексан, вода, метанол. Вибираємо термодинамічну модель Peng-Robinson, тому що ця модель дозволяє з достатньою студінню точності розрахувати константи фазової рівноваги для вуглеводневих компонентів.

Для сепаратора I ступеня встановлюємо тиск в сепараторі 9,95 МПа, температуру потоку після сепаратора 45 °С, втрату тиску в сепараторі 0,57 кПа. Фракційний склад нижнього продукту назначаємо шляхом підбору значень при

моделюванні. Для теплообмінників встановлюємо температуру газового потоку 5 °С. Температуру було визначено шляхом підбору значень під час моделювання.

Для сепаратору II ступеня встановлюємо тиск в сепараторі 2,5 МПа. Для дроселя Д-1 встановлюємо тиск після дроселя 2,5 МПа. Для дроселя Д-2 встановлюємо втрату тиску 0,5 МПа.

В результаті оптимізаційних моделювань та розрахунків було отримано очищений газ, конденсат після сепараторів I і II ступеня очищення, та метанол. Характеристика потоків наведена на рис. 2.

Stream No.	24	Stream No.	30	Stream No.	35
Stream Name	Чистий газ	Stream Name	Конденсат	Stream Name	Конденсат
Temp C	14.0417	Temp C	-6.97746	Temp C	45.0001
Pres MPa	2.5	Pres MPa	2	Pres MPa	9.95
Vapor Fraction	1	Vapor Fraction	0	Vapor Fraction	8.08444e-006
Enthalpy MJ/sec	-91.82275	Enthalpy MJ/sec	-0.883737	Enthalpy MJ/sec	-7.808833
Total flow	20.02154	Total flow	0.4380971	Total flow	3.137183
Total flow unit	kg/sec	Total flow unit	kg/sec	Total flow unit	kg/sec
Comp unit	mole frac	Comp unit	mole frac	Comp unit	kg/sec
Methane	0.9680849	Methane	0.1164781	Methane	0
Ethane	0.02661145	Ethane	0.006137549	Ethane	0
Propane	0.00339012	Propane	0.03835192	Propane	0.05521782
I-Butane	0.0002613164	I-Butane	0.01236119	I-Butane	0.01091741
N-Butane	0.000310148	N-Butane	0.01351862	N-Butane	0.01310089
I-Pentane	4.243378e-005	I-Pentane	0.01147162	I-Pentane	0.009034757
N-Pentane	2.110457e-005	N-Pentane	0.005764334	N-Pentane	0.004517378
N-Hexane	0.001278448	N-Hexane	0.7669602	N-Hexane	2.990253
Water	0	Water	0	Water	0.05414094
Methanol	0	Methanol	0.02895652	Methanol	0

а) б) в)

а) очищений газ; б) конденсат після трифазного сепаратора;
в) конденсат після сепаратора I ступеня

Рисунок 2 Характеристика вихідних потоків

Зі звіту створеного програмою було отримано матеріальний і енергетичний баланс установки. Матеріальний і тепловий баланс установки наведено в таблиці 1 і 2 відповідно.

Таблиця 1 Матеріальний баланс установки

Компонент	кмоль/с		кг/с	
	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід
Метан	1,168	1,168	18,731	18,731
Етан	0,032	0,032	0,971	0,971
Пропан	0,006	0,006	0,276	0,276
i-Бутан	0,001	0,001	0,036	0,036
Бутан	0,001	0,001	0,044	0,044
i-Пентан	-	-	0,018	0,018
Пентан	-	-	0,009	0,009
Гексан	0,041	0,041	3,518	3,518
Вода	0,003	0,003	0,054	0,054
Метанол	0,468	0,468	15,000	15,000
Всього:	1,720	1,720	38,658	38,658

За результатами моделювання можна визначити ефективність сепараторів порівнявши фракційний склад вихідних потоків (рисунок 3 б, в) з фракційним складом вхідного потоку (рисунок 3 а).

Таблиця 2 Енергетичний баланс установки

Параметр	МДж/с	
	Вхід	Вихід
Потоки сировини	-215,146	-
Потоки продукту	-	-214,381
Повний підігрів	0,783443	-
Повне охолодження	-0,017875	-
Додана потужність	0	-
Створена потужність	0	-
Всього:	-214,381	-214,381

Stream No.	2	Stream No.	6	Stream No.	31
Stream Name		Stream Name		Stream Name	
Temp C	30	Temp C	45	Temp C	45
Pres MPa	9.95	Pres MPa	9.95	Pres MPa	9.95
Vapor Fraction	0.9718111	Vapor Fraction	1	Vapor Fraction	1.771235e-005
Enthalpy MJ/sec	-33.52159	Enthalpy MJ/sec	-30.68614	Enthalpy MJ/sec	-2.576915
Total flow	7.807179	Total flow	6.771911	Total flow	1.03527
Total flow unit	kg/sec	Total flow unit	kg/sec	Total flow unit	kg/sec
Comp unit	kg/sec	Comp unit	mole frac	Comp unit	kg/sec
Methane	6.181329	Methane	0.9632131	Methane	0
Ethane	0.3205879	Ethane	0.02665261	Ethane	0
Propane	0.0911094	Propane	0.004132188	Propane	0.01822188
I-Butane	0.01200915	I-Butane	0.0003615665	I-Butane	0.003602744
N-Butane	0.01441097	N-Butane	0.0004338798	N-Butane	0.004323293
I-Pentane	0.005962939	I-Pentane	0.0001033047	I-Pentane	0.00298147
N-Pentane	0.002981469	N-Pentane	5.165235e-005	N-Pentane	0.001490735
N-Hexane	1.160922	N-Hexane	0.005051598	N-Hexane	0.9867836
Water	0.01786651	Water	0	Water	0.01786651
Methanol	0	Methanol	0	Methanol	0

а) б) в)
 а) вхідний потік; б) газ; в) конденсат

Рисунок 3 Характеристика потоків сепаратора I ступеня (С-1-1)

За результатами проведених моделювань хіміко-технологічних процесів установки підготовки вуглеводневого газу визначені оптимальні режими роботи сепараторів I та II ступені установки підготовки вуглеводневого газу.

В результаті проведеного аналізу було визначено, що актуальним завданням є розробка методик режимно-технологічної та апаратурно-конструктивної оптимізації сепараційного обладнання установок підготовки газу. При цьому слід звертати увагу не лише на емпіричні залежності а й на числові моделювання.

Список літературних джерел

1. Hassan A.A. Farag, Mustafa Mohamed Ezzat, Hoda Amer, Adel William Nashed, Natural gas dehydration by desiccant materials, Alexandria Engineering Journal, Volume 50, Issue 4, 2011, Pages 431-439, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2011.01.020>

2. Разработка моделей аппаратов химической технологии в системе компьютерного моделирования HYSYS. [за ред. Н.В. Лисицина]. – СПб: СПбГИ, 2005. – 30 с

3. Eniko Naaz, Andras Jozsef Toth, Methanol dehydration with pervaporation: Experiments and modelling, Separation and Purification Technology, Volume 205, 2018, Pages 121-129, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.04.088>.

4. CHEMCAD Version 7 User Guide.