

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. Установа підготовки газу складається з сепараторів I та II ступеня очищення, трифазного

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

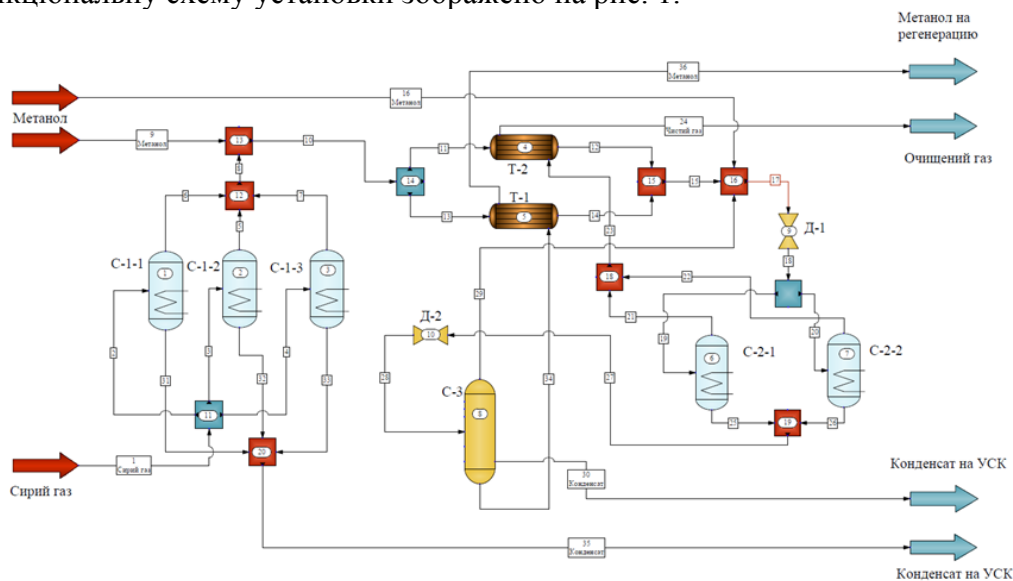


Рисунок 1 Функціональна схема установки підготовки газу
С-1-1, С-1-2, С-1-3 – сепаратори I ступені; С-2-1, С-2-2 – сепаратори II ступені; С-3 – трифазний сепаратор; Т-1, Т-2 – теплообмінник; Д-1, Д-2 – дросель

Установка працює наступним чином. Сирий газ подається на сепаратор I ступеня (С-1-1, С-1-2, С-1-3) де відділяється рідка фаза (пластова вода з розчиненими інгібіторами і сконденсувалася вуглеводневий конденсат). Очищений газ прямує в рекуперативні теплообмінники (Т-1, Т-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 (С-2-1, С-2-2) де з потоку газу відокремлюються сконденсувати рідкі вуглеводні і водний розчин інгібітору гідратуутворення.

Газ з сепаратора II ступеня через теплообмінник Т-2 подається в магістральний газопровід. Рідка фаза через дросель Д-2 надходить в трифазний сепаратор С-3, звідки газ вивітрювання ежектором повертається в основний потік. Водний розчин інгібітору, що виводиться знизу сепаратора С-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 студійною точністю 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

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.