

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Український державний хіміко-технологічний університет»**

**МАТЕРІАЛИ
I Всеукраїнської науково-технічної конференції
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА
ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ
I ЧАСТИНА**

**МАТЕРИАЛЫ
I Всеукраинской научно-технической конференции
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ОПТИМИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ
I ЧАСТЬ**

**MATERIALS
Ist all-Ukrainian scientific-technical conference
COMPUTER MODELING AND OPTIMIZATION OF
COMPLEX SYSTEMS
I PART**

3-5 листопада 2015 року

м. Дніпропетровськ

УДК 004.94(082)
ББК 32.97я43
М34

*Збірник друкується за рішенням
Вченої ради ДВНЗ УДХТУ протокол №7 від 24 вересня 2015 р.*

Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2015): матеріали I Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Дніпропетровськ, 3-5 листопада 2015 року) / Міністерство освіти і науки України, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»: в 2-х ч. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2015. – Ч. 1. – 270 с.

ISBN 978-966-494-033-4

У збірнику наведено тези доповідей першої всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем». Матеріали збірника охоплюють питання перспективних напрямків математичного моделювання; моделей та методів оптимізації; інтелектуальних комп'ютерних систем; інформаційних технологій в автоматичній, електроніці та вимірювальній техніці; інформаційних управляючих систем в економіці.

Збірник розраховано на працівників, викладачів, аспірантів та студентів вищих навчальних закладів.

Збірник друкується за рішенням програмного комітету конференції Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2015)
тел. 0562 – 47-38-77
Web-сайт кафедри: <http://xt.dp.ua>
E-mail: kmocc_kis@ukr.net

УДК 004.94(082)
ББК 32.97я43
М34

ISBN 978-966-494-033-4

© Кафедра Інформаційних систем
ДВНЗ УДХТУ, 2015

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова:

Півоваров О.А. ректор ДВНЗ УДХТУ, д.т.н., професор

Заступник голови:

Зеленцов Д.Г. д.т.н, професор

Кисельова О.М. член-кореспондент НАН України, д.ф.-м.н,
професор

Члени організаційного комітету:

Голеус В.І. д.т.н., професор

Харченко О.В. д.х.н., професор

Коротка Л.І. к.т.н., доцент

Науменко Н.Ю. к.т.н., доцент

Програмний комітет:

Алексєєв М.О. д.т.н., професор (Дніпропетровськ)

Баєв С.В. д.т.н., професор (Дніпропетровськ)

Гнатушенко В.В. д.т.н., професор (Дніпропетровськ)

Голоднов О.І. д.т.н., професор (Київ)

Гук Н.А. д.ф.-м.н., професор (Дніпропетровськ)

Кошкін К.В. д.т.н., професор (Миколаїв)

Михальов О.І. д.т.н., професор (Дніпропетровськ)

Ляшенко В.П. д.т.н., професор (Кременчук)

Приставка П.О. д.т.н., професор (Київ)

Скалозуб В.В. д.т.н., професор (Дніпропетровськ)

Федорович О.Є. д.т.н., професор (Харків)

<u>Приходько С.Б., Луценко А.А.</u> РАЗРАБОТКА НЕЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВ НЕАТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК	152
<u>Савчук А.П., Фоков А.А., Хорошилов С.В.</u> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБЪЕКТ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА ПО КОНТУРУ ОБЪЕКТА	155
<u>Самохвалов С.Є.</u> РІВНЯННЯ МАКРОСЕГРЕГАЦІЇ В НЕРІВНОВАЖНІЙ ТЕОРІЇ БАГАТОФАЗНОЇ ЗОНИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СТАЛІ	160
<u>Семенюта Д.В.</u> ТОПОЛОГІЧНО НЕЕКВІВАЛЕНТНІ СИСТЕМИ З ПРАВОЮ РАЦІОНАЛЬНОЮ ЧАСТИНОЮ	164
<u>Сербулова І.В.</u> МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ ОБ'ЄМНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛА ЗА ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ ТРУБ	165
<u>С'янов О.М., Косухіна О.С.</u> ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕН	168
<u>Торська Р.В., Русин Б.П., Керод Т.І., Андрушкевич У.Ю.</u> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВИТКУ ПІТИНГІВ НА ПОВЕРХНІ СТАЛІ 08X18H10T ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМІРКОВИХ АВТОМАТІВ	171
<u>Черкасов А.А.</u> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСОВ КОРОЗИЙНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ПЛОСКОНАПРЯЖЕНИХ ПЛАСТИН	174
<u>Черняк Н.А., Марасанов В.В.</u> МОДЕЛЮВАННЯ СВЕРХНАПРЯЖЕНИХ ТРАНСПОРТНИХ СЕТЕЙ	175
<u>Шатохіна Ю.В., Іванова І.М., Клінцов Л.М.</u> ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА ХСК СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СТАНЦІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ	180
<u>Ющенко О.В., Юрко Д.С.</u> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ САМООРГАНІЗАЦІЇ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ	182
СЕКЦІЯ 2 <i>МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ</i>	185
<u>Ахмадов Р.Х., Карпенко Б.В.</u> ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРИЗАВОДСКИМИ ПЕРЕВОЗКАМИ	186
<u>Гаврилюк Ю.В.</u> ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРКАЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МОРФОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ	191
<u>Головко В.А., Ящук Н.И., Хазим Я.</u> РАСЧЕТ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ БИНЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ	192

<u>Елизева А.В.</u> ЛОГИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАКУПКАМИ РЕСУРСОВ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ	194
<u>Горячая А.В.</u> ИССЛЕДОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ КОМФИ НА ОСНОВЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В РЕЖИМЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ КОГНИТИВНЫХ КАРТ	195
<u>Ємець О.О., Барболіна Т.М.</u> КОМБІНАТОРНА ОПТИМІЗАЦІЯ НА РОЗМІЩЕННЯХ ЗІ СТОХАСТИЧНОЮ НЕВИЗНАЧЕНІСТЮ: ВЛАСТИВОСТІ ЛІНІЙНИХ ЗАДАЧ	197
<u>Иванова А.П., Труфанова О.И., Феськова Л.В., Чумак А.Н.</u> АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	201
<u>Коробко І.В., Коваленко В.А.</u> КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТУРБІННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	207
<u>Косолап А.И.</u> ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ	208
<u>Косолап А.И., Перетяцько А.С.</u> КВАДРАТИЧНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДАТЧИКОВ В СЕТИ	212
<u>Косолап А.И., Романчук А.С.</u> МАКСИМИЗАЦІЯ НОРМЫ ВЕКТОРА НА МНОГОГРАННИКЕ	217
<u>Коструб Р.В.</u> ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ЩОДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ КОРОДУЮЧИХ ШАРНІРНО-СТЕРЖНЕВИХ СИСТЕМ	220
<u>Красношлик Н.О.</u> ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТАЕВРИСТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ГЛОБАЛЬНОЇ МІНІМІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ	224
<u>Ляпощенко О.О., Павленко І.В., Настенко О.В., Дем'яненко М.М., Старинський О.Є.</u> ОПТИМІЗАЦІЙНЕ ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО СЕПАРАЦІЙНОГО НАФТОГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ	226
<u>Малиенко А.В.</u> ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЕМ ПЛАНОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ ШАХТЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КУМУЛЯТИВНЫХ СУММ	232
<u>Михайлова Т.Ф.</u> МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ	235
<u>Михеенко Д.Ю.</u> ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КРОНШТЕЙНА В РАД-СИСТЕМЕ SOLID WORKS	236

СЕКЦІЯ 2

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

- **оптимальне проектування конструкцій**
- **оптимізація технологічних процесів**
- **перспективні методи оптимізації**

$$A_i^{(t+1)} = \alpha \cdot A_i^{(t)}, r_i^{(t+1)} = r_i^{(0)} \cdot (1 - e^{-\gamma t}),$$

де α , γ – задані коефіцієнти;

```

12:     end if
13:     Оновити  $\bar{x}$ 
14: end for
15: Збільшити лічильник кількості ітерацій  $t \leftarrow t + 1$ 
16: end while

```

Канонічний і вдосконалений алгоритми кажанів реалізовано у середовищі MATLAB R2012b. Для порівняння обрали ряд тестових унімодальних і мультимодальних функцій, зокрема, функції де Джонга, Розенброка, Растрігіна, Еклі та інші. Результати обчислювальних експериментів показали, що вдосконалений алгоритм кажанів характеризується більш високою швидкістю збіжності та точністю знаходження оптимального значення цільової функції.

Список літературних джерел:

1. Yang X. S. A new metaheuristic bat-inspired algorithm / X. S. Yang // Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NISCO 2010). – 2010. – Vol. 284. – P. 65-74.
2. Clerc M. The particle swarm – explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space / M. Clerc, J. Kennedy // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 2002. – Vol. 6. – №1. – P. 58-73.

ОПТИМІЗАЦІЙНЕ ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО СЕПАРАЦІЙНОГО НАФТОГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

О.О.Ляпощенко¹, І.В.Павленко¹, О.В.Настенко², М.М.Дем'яненко¹, О.Є.Старинський¹

¹Сумський державний університет (СумДУ), Суми

²Познанський технологічний університет, Познань, Польща

Нафта зі свердловин завжди добувається у вигляді, непридатному для прямої переробки. Сира нафта в своєму складі містить пластову воду, попутний газ, мінеральні солі, механічні домішки. При цьому, чиста нафта є основною сировиною для виробництва рідких енергоносіїв, олив та мастильних матеріалів, бітумів і коксу. Наявність включень призводить до зниження якості, як самої нафти, так і продуктів її переробки. Тому задача вдосконалення технологій підготовки нафти та оптимізаційне проектування ресурсозберігаючого нафтопромислового обладнання є сьогодні актуальною проблемою.

Система нафта-вода утворює стійку емульсію, оскільки в видобутій нафті є неуглеводневі компоненти. Пластова вода та розчинені в ній солі знаходяться в сирій нафті у вигляді дисперсних краплин, які сорбують на своїй поверхні природні емульгатори (нафтові кислоти, асфальтні смолисті речовини, мікрокристали парафінів, механічні домішки), що утворюють на поверхні глобул води оболонку, яка перешкоджає злиттю краплин. Їх розмір є одним з основних параметрів, що впливають на стійкість водонафтових емульсій. Легко розшаровується емульсія, в якій більшість глобул крупні, розміром 50-100 мкм, а в стійких емульсіях розмір глобул становить 0,1-20 мкм [1]. Не менш важливими параметром стійкості водонафтових емульсій є вміст парафіну. Руйнування емульсій і зневоднення такої нафти ускладнено при температурах нижчих температури плавлення парафінів. Тому нагрівання сирової нафти є обов'язковим технологічним процесом, під час якого досягається зниження густини та в'язкості нафти, що полегшує дегазацію та розшарування емульсії.

Отже комплексна підготовка нафти до транспортування та подальшої переробки, що передбачає її дегазацію, зневоднення, знесолення та стабілізацію, як правило проводиться двома способами – з використанням високовартісного комплексу обладнання (трубчаста піч або трубчастий підігрівач для нагрівання нафтової емульсії, деемульсатор, відстійник, нафтогазовий сепаратор, електродегідратор для знесолення та зневоднення нафти) або з використанням блочних установок підготовки нафти (УПН), що конструктивно поєднують електродегідратори з

блоками підігріву нафти та сепарації. Останнім часом широкого розповсюдження набули саме блочні УПН, основним апаратом яких є так званий нафтогазорозділювач з прямим підігрівом (НГВРП), за кордоном більш відомий, як апарат типу «Heater-Treater» (підігрівач-деемульсатор).

Конструкція проектного багатфункціонального блочного горизонтального трьохфазного (нафтогазоводорозділювача) сепаратора типу «Heater-Treater» (рисунок 1а) об'єднує в собі секцію прямого підігріву з вузлом входу (поличковий дефлектор), яка відділена переливною перегородкою від секції коалесценції та відстоювання і призначена для початкового розділення суміші. Оптимізаційними розрахунками визначено, що для ефективної сепарації стійкої водонафтової емульсії достатнім є розташування п'яти вертикальних секцій жалюзійних блоків поверхневої коалесценції та відстоювання, що призначені не тільки для розшарування нафти та води, а і для відділення краплин рідини від газу. Перед кожною з п'яти секцій встановлені вертикальні електродні решітки об'єднані в комплекс систем електростатичної коалесценції. Важливо, що в якості паливного газу використовується попутний газ, що виділяється в апараті, який зазвичай спалюється на факелі тому, що його транспортування та переробка являється недоцільною в зв'язку з високою собівартістю. Для сепарації газу на корпусі нафтогазорозділювача може бути встановлено сітчастий відбійник, вихровий або пластинчастий газодинамічний бризковловлювач [2].

На ефективність сепарації значний вплив мають параметри процесу такі як температура та тиск газорідинної суміші. Зупинимось на кожному з цих факторів окремо.

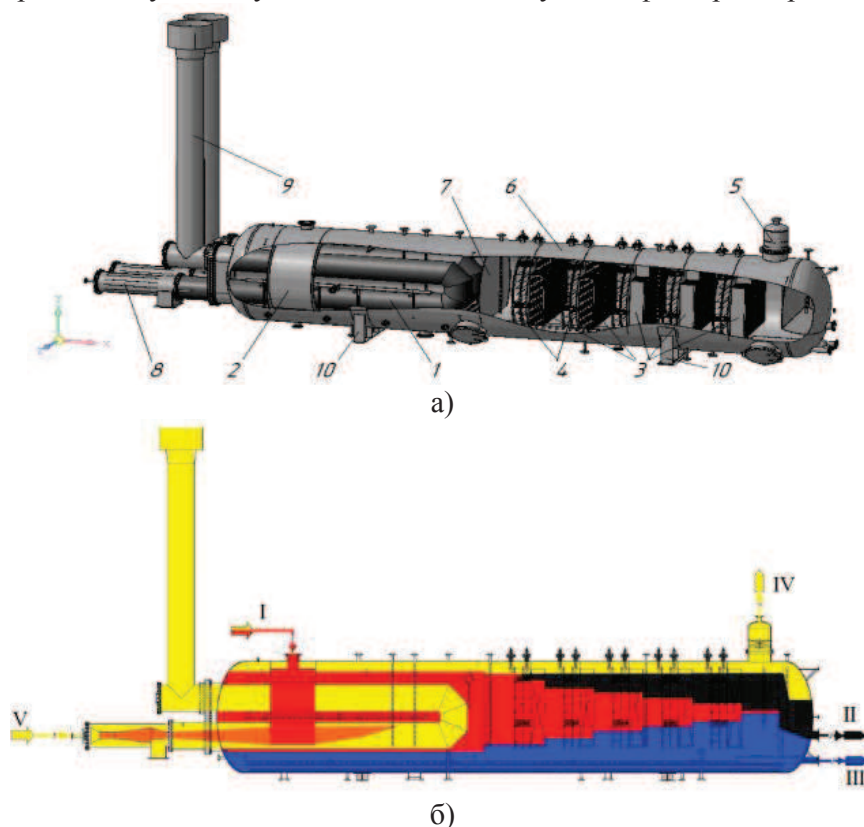


Рисунок 1 - Блочний горизонтальний сепаратор нафтогазорозділювач типу «Heater Treater» (підігрівач-деемульсатор): а - конструкція апарату; б - принципова схема роботи апарату; 1 – U-подібні жарові труби; 2 – поличний дефлектор; 3 – жалюзійна насадка; 4 – електродні решітки; 5 – газосепаратор; 6 – корпус; 7 – перегородка; 8 – інжекційні пальники з вбудованим калорифером; 9 – димові труби; 10 - опори; I – водонафтова емульсія; II – зневоднена нафта; III – пластова вода; IV - нафтовий газ; V – паливний газ; VI – повітря; VII - димові гази

Як вказувалось вище, тісно пов'язаними з температурою є такі параметри, як в'язкість нафти і різниця густини компонентів водонафтової емульсії. Причому зміна густини в діапазоні від 20 до 100 °С не істотна [3], тоді як в'язкість може змінюватись в десятки разів, від якої залежить гідродинамічний режим процесу відстоювання. При сприятливих умовах краплини, які наблизились одна до одної, внаслідок різниці швидкостей осадження або за рахунок дифузійних

механізмів коалесціюють, що призводить до збільшення швидкості їх осадження. Підвищення температури сприятливо впливає на ослаблення абсорбційних та механічних властивостей емульгатору (парафіну), що є необхідною умовою для злиття краплин. Отже, швидкість процесу розділення водонафтової емульсії визначається осадженням зважених краплин та їх коалесценцією, а на швидкість цих процесів впливає температура підігріву емульсії.

Визначення оптимального робочого тиску в апараті для інтенсивної дегазації проведено спираючись на закони Рауля та Дальтона, які розкривають фізичну суть процесів, що відбуваються під час сепарації під впливом основних режимних параметрів (тиску та температури). З них слідує, що зі збільшенням температури системи, збільшується молярна концентрація компонентів широкої фракції легких вуглеводнів в газовій фазі при одночасній її зменшенні в рідкій. В свою чергу тиск впливає на процес у зворотному напрямку.

Оскільки в апараті відбувається не тільки розшарування емульсії на зневоднену нафту та пластову воду необхідно відмітити вплив робочих параметрів на другорядний процес, сепарацію газу від краплинної рідини. З підвищенням тиску густина та в'язкість газу збільшується, в той час як густина рідких частинок залишається постійною, що призводить до зменшення швидкості їх осадження під дією сили тяжіння. Проте збільшення тиску неоднозначно впливає на сепарацію газу від рідини. При його збільшенні зменшується випаровування рідини, а конденсація парів, які знаходяться в рідині, збільшується, що призводить до збільшення розмірів рідких частинок. Також зростає можливість їх коагуляції, що, як відомо, позитивно впливає на ефективність сепарації. З іншого боку, з підвищенням тиску густина та в'язкість газу збільшується, в той час як густина рідких частинок залишається постійною, що призводить до зменшення швидкості їх осадження під дією сили тяжіння. Таким чином, проведений аналіз впливу зміни температури та тиску газу на сепарацію показує, що для інтенсифікації основних процесів, дегазації та розділення водонафтової емульсії, найбільш сприятливими будуть низький тиск та висока температура, а в конкретному проектуваному апараті необхідно намагатися підтримувати значення тиску 0,2 МПа і здійснювати підігрів початкової водонафтової емульсії до температури 60°C.

На сьогоднішній день проектування даного типу нафтогазового обладнання ускладнюється відсутністю відповідних методик для розрахунку. В даній роботі запропоновано інженерну методику для проведення оптимізаційних технологічних та конструктивних розрахунків при проектуванні сепараторів такого типу, що дозволяє врахувати основні фактори, які впливають на інтенсивність та ефективність сепарації.

Розрахунок процесу розгазування нафти проводився методом послідовних наближень мольної долі відгону з достатньою для практичних цілей точністю за законом Рауля-Дальтона та з урахуванням процесу однократного випаровування (конденсації) [4]. Розрахунок проводився для граничних умов проведення процесу (тиску 0,2; 0,6 МПа, температури 60°C; 35°C) і можливого підвищення від 20% до 90% мас. обводненості нафти родовища ім. В.М. Виноградова (до перейменування групою «ЛУКОЙЛ» у 2013 р. більш відомого як Велике Ольховське нафтове родовище, Ханті-Мансійський автономний округ Тюменської області Російської Федерації), який підтвердив, що обрані робочі параметри (тиск 0,2 МПа та температура 60°C) є оптимальними, при цьому з сирої нафти (при навантаженні до 270 т/год) виділяється попутний нафтовий газ в максимальній кількості (до 7125 м³/год), з мінімальним вмістом шкідливих компонентів, таких як азот та вуглекислий газ. Необхідно відмітити, що при інших граничних умовах (тиск 0,6 МПа та температура 35°C), отримуваний попутний нафтовий газ характеризується мінімальним вмістом води емульсії та важких вуглеводнів, але в ньому більше вміст азоту та вуглекислого газу, які знижують теплоту згоряння палива, а кількість виділеного при цьому попутного нафтового газу в 20 раз менша від зазначеної вище.

Визначення кількості теплоти, необхідної для підігріву до рекомендованого значення температури процесу, проводилось за відомими значеннями витрати та обводненості вихідної суміші, або за відомими витратами нафти та води. Необхідна витрата паливного газу визначалась з рівняння теплового балансу з урахуванням використання в якості паливного газу попутного нафтового газу, який виділився при дегазації. Для визначення теплоти згоряння попутного нафтового газу визначеного складу використовувалась залежність Менделєєва [5]. Результати розрахунків теплового навантаження апарату (Q) і необхідної витрати паливного газу (G_{ТГ}) в

діапазоні витрат вихідної газорідинної суміші ($G_{\text{СУМ}}$) при різному ступені обводненості (X_H) подано у вигляді графічної залежності (рисунок 2, 3).

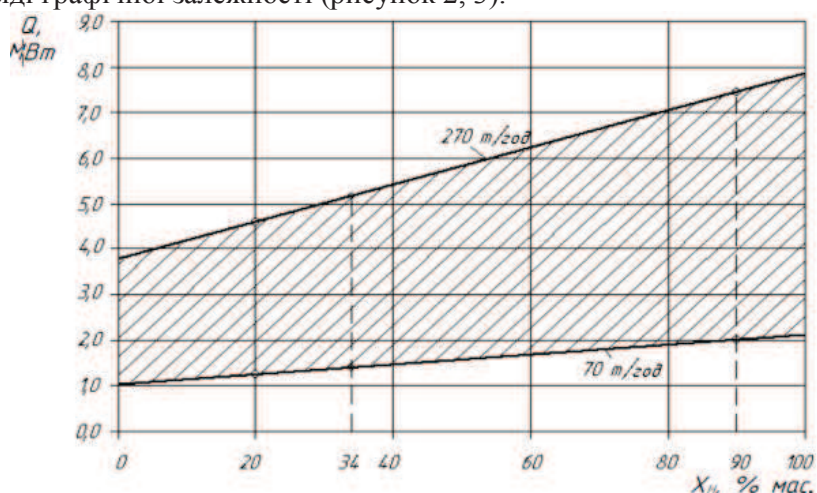


Рисунок 2 – Залежність кількості теплоти, необхідної для підігріву сирової нафти до температури 60°C при різному ступені її обводненості

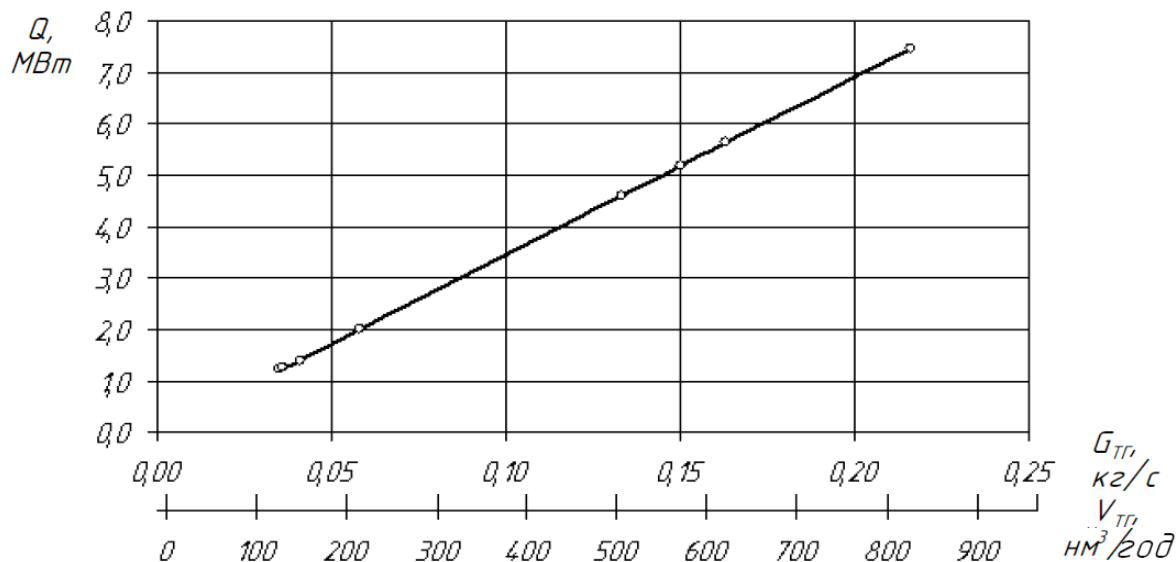


Рисунок 3 – Залежність необхідної для спалювання кількості паливного газу від теплового навантаження апарату

З рисунку 2 слідує, що для підігріву обводненої сирової нафти до робочої температури деемульсації 60°C при її обводненості у вказаному вище діапазоні та можливому коливанні витрати вихідної суміші в межах 70-720 т/год теплове навантаження апарату складатиме 1,47–5,17 МВт. При максимальній продуктивності по вихідній газорідинній суміші і незначній обводненості зворотної водонафтової емульсії, для її підігріву від 35°C до 60°C достатньо підводу теплоти не більше за 5,63 МВт. Для можливості роботи апарату в умовах критичної обводненості (до 90%) необхідно передбачити максимальне значення теплового навантаження блоку підігрівача деемульсатору до 7,45 МВт. При цьому масова витрата паливного газу складатиме 135-840 $\text{м}^3/\text{год}$. Зіставлення цих даних підтверджує можливість використання в якості паливного газу отриманого попутного нафтового газу.

Технологічний розрахунок секції відстоювання полягає у визначенні її пропускну́ї спроможності на основі кінетичних закономірностей процесу коалесценції дисперсних краплин і інерційно-гравітаційного розділення фаз. Цей розрахунок представляє ряд труднощів, оскільки такі параметри потоку, як його швидкість та в'язкість змінюються по висоті та довжині нафтогазоводорозділювача. Швидкість руху водонафтової емульсії вздовж зони відстоювання безперервно зменшується від входу до виходу, горизонтальна складова максимальна в верхньому і мінімальна в нижньому шарі емульсії. Зміна в'язкості по довжині в верхній частині

апарату носить аналогічний до швидкості руху характер: по вертикалі в'язкість водонафтової емульсії зростає від найменшого значення на поверхні розділу фаз газ-рідина до найбільшого – на границі з водною подушкою. Отже, найкращі умови для коалесценції краплин, їх осадження та ефективного розділення фаз будуть при умові створення в зоні відстоювання ламінарного струменевого режиму руху потоку водонафтової емульсії.

Важливим для коалесценції краплин є проходження (промивання) через проміжний емульсійний шар відстоюної води, розташований на границі розділу фаз, який існує лише при умові динамічної рівноваги. В зв'язку з великою складністю процесів, які сприяють утворенню та руйнуванню проміжного емульсійного шару, його просторово-неоднорідною структурою, яка зумовлена різною концентрацією, в'язкістю та дисперсним складом утворюючих його частинок, на сьогоднішній день не існує загально прийнятих методик розрахунку подібних гідродинамічних систем, хоча і є велика кількість досліджень, які присвячені різного роду випадкам [3]. Основним фізичним параметром, який визначає продуктивність нафтогазорозділювача, є швидкість осадження краплин води. Для гравітаційного осадження води в нерухомому середовищі при ламінарному режимі руху використовується закон Стокса [6]. Оскільки, відсутні дані про розмір частинок дисперсної фази (води) в водонафтовій емульсії, згідно з рекомендаціями [7], прийнято, що осаджуються краплини з мінімальним розміром 25 мкм. В таких умовах, розрахована по закону Стокса, швидкість осадження краплин води в нафті складає 1,73 мм/с. Необхідно відмітити, що дане значення не враховує стиснене осадження частинок. Очевидно, що в такому випадку швидкість буде меншою, ніж швидкість вільного осадження. Розрахункова швидкість осадження з урахуванням стиснення та проектною обводненості нафти (34%) дорівнює 1,71 мм/с. При зростанні кількості води в водонафтовій емульсії до 90% швидкість стисненого осадження падає до 1,49 мм/с. У випадку переходу зворотної емульсії в пряму (нафта в воді, обводненість 50-90%) швидкість спливання краплин нафти в шарі нерухомої вільної води, при ламінарному характері руху, визначається, отриманою Адмаром та Бондом, залежністю на основі закону Стокса [7]. В таких умовах відповідно залежності Адмара та Бонома розрахункове значення середньої швидкості спливання краплин нафти в воді складає 1,78 мм/с. Співставляючи отримані швидкості відстоювання прямої та зворотної емульсії можна зробити висновок, що вони відрізняються несуттєво, тому підтримуючи ламінарний гідродинамічний режим з постійним оптимальним значенням лінійної швидкості руху, можна забезпечити однаково високу ефективність розділення води та нафти при зміні обводненості початкової суміші. Оскільки стисненість осадження/спливання є не єдиним фактором, що негативно впливає на сепарацію, для їх урахування рекомендується знизити отриману розрахункову швидкість на 10-15% [7]. Останнім етапом технологічного розрахунку секції коалесценції та відстоювання є розрахунок напруги електростатичних коалесценціюючих систем. Коли суцільною фазою є вуглеводнева рідина (нафтопродукти) коалесценція краплин води проходить практично миттєво [8]. Відомо, що взаємодію між краплинами води можна підвищити, якщо підвищити напруженість електричного поля E , оскільки при цьому поляризація крапель і сили дипольного притягання збільшуються пропорційно квадрату напруженості електричного поля. Але при надмірному підвищенні напруженості електричного поля можливе електричне диспергування крапель на велику кількість найдрібніших краплин (розмірами 0,1-0,01 мкм) [5].

Конструктивними розрахунками апарату визначено основні розміри апарату (діаметр, довжина, об'єм) з умови забезпечення оптимальних гідродинамічних режимів в зоні відстоювання. Повірочні розрахунки проводяться з урахуванням пропускної здатності апарату по нафті та воді. Конструктивний розрахунок секції підігріву складається з визначення розмірів вузла входу і розподілення вихідної водонафтової суміші (розміри повинні забезпечувати ламінарний режим витікання емульсії з лотку дефлектору під шар вільної води), розрахунку розмірів жарових труб, основних горілок та димових труб для них (визначається відповідно до необхідної поверхні теплообміну). Необхідну кількість секцій електрокоалесценції рекомендується приймати рівною кількості секцій поверхневої коалесценції, яку визначають в залежності від ефективності сепарації високодисперсних краплин, які рухаються по усередненим лініям току крізь насадки коалесценції, можливого вторинного диспергування і унесення при значному відхиленні робочих режимних параметрів роботи апарату від їх проектних значень.

Основні наукові результати роботи впроваджено науковцями кафедри процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв СумДУ на етапі дослідно-конструкторських робіт та стадії ескізного проектування промислового зразка НГВРП типу «HEATER-TREATER» УПН (замовник - Група «ЛУКОЙЛ», генпроектувальник - ТюменьНИПИнефть). За основними технічними характеристиками спроектований апарат не поступається відомим світовим аналогам: апаратам «Heater-Treater» фірм «Cameron's NATCO» (США), «Sivalls, Inc.» (США), «EN-FAB, Inc.» (США), апарату «Free Water Knock-Out» (FWKO) виробництва «Maloney Industries, Inc.» (Канада) та НГВРП конструкції ПАО «ВНИИнефтемаш», що виготовляються ООО «Курганхиммаш» (РФ). Вигідно відрізняється багатofункціональністю та універсальністю, має високі прогнозовані показники ефективності розділення (сепарації) в широкому діапазоні зміни продуктивності, тиску, температури та ступеня зводненості водонафтової емульсії.

Висновки.

В основу спроектованого апарату покладено ряд принципово нових та оригінальних технічних рішень, що забезпечують його ефективність в широкому діапазоні витрат вхідної суміші, різному ступені її обводненості, що, в свою чергу, дозволяє забезпечити високі техніко-економічні показники. При проектуванні апарату значну увагу приділено актуальним питанням ресурсозбереження та енергоефективності апарату: в якості паливного газу використовується попутний нафтовий газ, оптимізовано теплове навантаження апарату для підігріву сирої нафти в залежності від вмісту в ній води та продуктивності свердловини. Запропоновано науковий підхід до методики оптимізаційного розрахунку такого обладнання. Особливу цікавість для подальших оптимізаційних досліджень представляє визначення необхідної потужності електричного поля, для підтримки Вандервальсових сил притягання диполів (краплин). Подальші дослідження будуть направлені на оцінити визначення доцільності та оцінку ефективності від встановлення динамічних бризковловлюючих насадок.

Список літературних джерел

1. Байков Н.М., Колесников Б.В., Челпанов П.И. Сбор, транспорт и подготовка нефти. – М.: Недрa, 1975. – 317 с.
2. Ляпощенко О. О. Моделирование процесів сепарації та розробка методики розрахунку трифазного сепаратора / О. О. Ляпощенко, І. В. Павленко, Р. Ю. Усик, М. М. Дем'яненко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій : науковий журнал. – Серія «Технічні науки». – 2015. – № 47. – Т. 1. – С. 62–66.
3. Логинов В.И. Обезвоживание и обессоливание нефтей. – М.: Химия, 1979. – 216 с., ил.
4. Леонтьев С.А. Расчет технологических установок системы сбора и подготовки скважиной продукции / С.А.Леонтьев, Р.М.Галикеев, О.В.Фоминых. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. - 116 с.
5. Склабінський В.І. Технологічні основи нафто- та газопереробки / Склабінський В.І., Ляпощенко О.О., Артюхов А.Є. – Суми: Сумський державний університет, 2011. - 187 с.
6. Технологические расчеты установок переработки нефти / Танатаров М.А., Ахметина М.Н., Фасхутдинов Р.А. и др. – М.: Химия, 1987. – 352 с.
7. Хафизов А.Р., Пестрецов Н.В. и др. Сбор и подготовка нефти и газа. Технология и оборудование. – 2001. – 551с.
8. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. – М.: Недрa, 1977. – 192 с.

МАТЕРІАЛИ
І Всеукраїнської науково-технічної конференції
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА
ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ
І ЧАСТИНА

Шеф-редактор:

д.т.н., проф. Зеленцов Д.Г.

Комп'ютерна верстка

та коректура:

к.т.н., доц. Науменко Н.Ю.

к.т.н., доц. Коротка Л.І.

Оригінал-макет виготовлено
кафедрою Інформаційних систем ДВНЗ УДХТУ

Підписано до друку 22.10.2015. Формат 60x84 1/16.

Папір офсетний. Умов.друк.арк. 10,38

Тираж 100 прим. Замовл. №01/10

Кольороподіл і друк ТОВ «Спринт»
Україна, 49000, м. Дніпропетровськ, вул.Комсомольська, 29
Тел.(0562) 360-130, sprint.ok@mail.ru