

УЗГОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОЦИКЛОНУ З ПРИМУСОВИМ ОБЕРТАННЯМ ПОТОКУ

Вступ

Технологічні процеси нафтопереробки визначаються якістю сировини, яка надходить на переробку, що, у свою чергу, прямо залежить від ефективності використовуваних методів її підготовки й очищення. Сучасний етап розвитку хімії й технології вуглеводнів характеризується прогресуючим погіршенням властивостей і якості нафт через збільшення вмісту води, корозійної агресивності, вмісту сірки, солей та ін. Тому зниження впливу зазначених негативних факторів на поділ і трансформації вуглеводневої сировини є одним із пріоритетних напрямків науки й техніки.

Існуючий стан

Пластові води, що надходять зі свердловин різних родовищ, можуть значно відрізнятися за складом і концентрацією розчинених в них мінеральних солей і вмістом газу. При добуванні з пластовою водою утворюється емульсія, яку слід розглядати як механічну суміш двох нерозчинних рідин (нафти і води), одна з яких розподіляється в об'ємі іншої у вигляді крапель різних розмірів. Наявність води в нафті призводить до подорожчання транспорту у зв'язку із зростаючими об'ємами рідини, що транспортується, і збільшення її в'язкості. Виходячи з досвіду, вміст води в нафті не повинен перевищувати 10...50%. При більшому вмісті води в нафті, що надходить на переробку, порушується технологічний режим роботи, підвищується тиск в апаратах, починаються мікрровибухи, знижується продуктивність ректифікаційної колони й теплообмінних апаратів, а також витрачається додаткова кількість тепла на підігрів нафти.[1, 2].

Вихідні умови

Причини, наведені вище, вказують на необхідність підготовки нафти до транспорту. Головними способами розділу емульсії залишаються:

- відстоювання;
- термічна обробка;
- хімічна обробка;
- елетродегідрація;

- центрифугування.

Останній спосіб, центрифугування, полягає у збільшенні обертальної швидкості руху часток дисперсної фази шляхом заміни природної сили ваги потужнішою відцентровою силою; щільність води й механічних домішок вище щільності нафти, і частки під дією відцентрової сили притискаються до стінки і, коагулюючи, стікають униз. Існуючі установки, які використовують метод центрифугування, низькопродуктивні, складні, коштовні і широкого застосування на промислах не знайшли[1]. Головною причиною такої ситуації є циклічна робота центрифуг, яка робить процес центрифугування надзвичайно складним з точки зору очищення від осаду[3]. Існуючі конструкції гідроциклонів вихрової дії, які мають більшу продуктивність, розвивають малі значення відцентрової сили, що призводить до недостатнього ступеня дегідратації.

Конструкція та принцип роботи

Тому було запропоновано нову конструкцію гідроциклону (рис.1), яка дозволяє інтенсифікувати процес дегідратації шляхом надання потоку обертального руху. Робота циклону відбувається безперервно. Нафта потрапляє у турбіну 4 через вхідний фланець 2. У турбіні створюється відцентрова сила, яка у сотні разів більша за силу ваги, що спричиняє рух більш важких часток емульсії до стінок турбіни і неоднорідна система розділяється, створюючи в центрі ядро з легкої фракції емульсії. Створене кільце з важких часток (води), рухаючись разом з потоком, потрапляє у приймач-фільтр 5, після чого відводиться у систему підготовки води через патрубок 6. Дегідратований потік нафти рухається у напрямку випускного фланця 3.

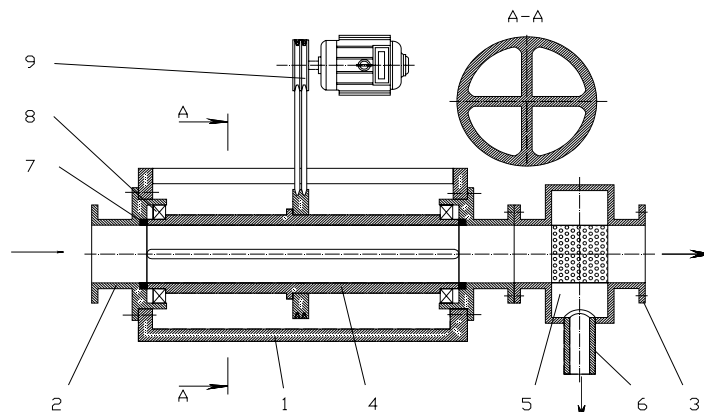


Рис.1. Конструкція гідроциклону:

- 1 - корпус; 2 - вхідний фланець; 3 - випускний фланець; 4 - турбіна; 5 - приймач-фільтр;
6-патрубок;7 - торцеві ущільнення; 8 - підшипники; 9 - привод

Аналіз технологічного процесу дегідратації нафтових емульсій за допомогою гідроциклонів свідчить про те, що визначальним фактором для розрахунку параметрів машини є радіальна складова швидкості руху часток емульсії.

Математична модель процесу дегідратації

Для розрахунку швидкості руху часток в полі відцентрових сил використовують ті ж наукові положення, що і в процесі осадження під дією сили ваги, замінюючи силу ваги відцентровою силою або їх відношенням [4]. Таке припущення не враховує зміну значення відцентрової сили при русі частки від центра до периферії потоку, що в свою чергу досить сильно вплине на траєкторію руху важкої частки. Точне визначення траєкторії руху частки дозволить чітко визначити параметри дегідратора, а саме залежність геометричних параметрів машини від частоти обертання ротора, витрати і реологічних властивостей емульсії.

Розглянемо рух частки води, яка рухається у розкрученому потоці емульсії(рис. 2). Розкладемо швидкість потоку на дві складові: обертальну ω_n і лінійну V_n . Умовно розташуємо частку води у площині YOZ і розкладемо її рух на складові швидкості V_x, V_y, V_z :

$$V_y = \omega x, \quad V_z = V_n.$$

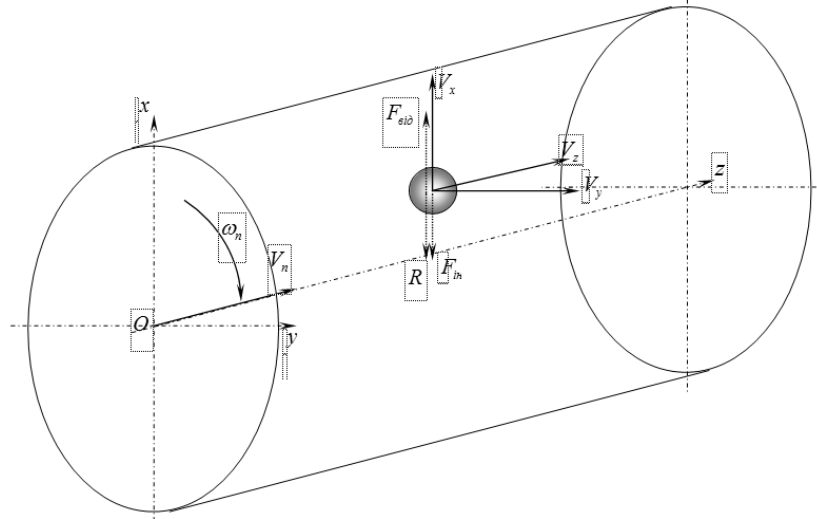


Рис. 2. Розрахункова схема руху частки води у потоці нафти

Значення складової швидкості V_x можна визначити при інтегруванні диференційного рівняння руху вільної матеріальної точки, що враховує рівновагу всіх діючих на частку води сил:

$$\vec{F}_{in} + \vec{F}_{ei\theta} + \vec{R} = 0,$$

де \vec{F}_{in} - сила інерції;

$\vec{F}_{ei\theta}$ - відцентрова сила;

\vec{R} - реакція середовища.

Сила Архімеда і сила ваги, які діють на частку, незрівнянно малі порівняно з відцентровою силою і силами реакції руху. Звідси проєкції сил на вісь OX , діючих на частку, складаються з відцентрової сили $F_{ei\theta} = m\omega_n^2 x$ та реакцій на її дію, силу інерції F_{in} та реакцію середовища R :

$$F_{ei\theta} = m\omega_n^2 x;$$

$$R = \frac{\xi\rho_n S}{2} \cdot \left(\frac{dx}{dt}\right)^2,$$

де m - маса частки;

ξ - безрозмірний коефіцієнт опору середовища, для турбулентного режиму руху $\xi = 0,44$;

ρ_n - щільність нафти, $\rho = 797...862 \frac{кг}{м^3}$;

S - площа поперечного перетину частки (для кулеподібної частки $S = \frac{\pi d_v^2}{4}$, $m_v = \rho_v \frac{\pi d_v^3}{6}$

$d_v = 0,1-0,3 \text{ мм}$.

Диференційне рівняння руху матеріальної точки для випадку руху частки води під впливом відцентрової сили має вигляд:

$$m\omega_n^2 x - \frac{\xi\rho_n S}{2} \cdot \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 - m \frac{d^2 x}{dt^2} = 0.$$

Час руху частки до периферії ротора і швидкість потоку визначає довжину турбіни, де повинен закінчитись процес дегідратації. Час руху і довжина траєкторії руху часток, які розташовані біля центру турбіни, буде більшим порівняно з іншими частками. Тому рішення отриманого рівняння необхідно розглянути для умов частки, яка знаходиться біля центру ротора. Початковими умовами можуть бути значення швидкості і координати частки, яка максимально наближена до центру турбіни. Відповідно початкові умови $x(0) = \frac{d_m}{2}$, $\dot{x}(0) = 0$. При розв'язанні чисельним методом можна одержати залежності зміни координати і швидкості елементарної частки від часу при різних умовах дегідратації (рис. 3).

Як видно із графіків зі зростанням швидкості обертання турбіни n швидкість частки V_x і інтенсивність зміни координати x також буде зростати, що дозволить зменшити довжину турбіни цідроциклону. Зменшення розміру частки призводить до зменшення швидкості частки V_x і уповільнення зміни координати x , що також слід враховувати при розрахунку довжини турбіни.

Слід відзначити низьке значення швидкості часток V_x у центральній частині турбіни, що значно подовжує процес дегідратації. Для зменшення впливу вказаного явища можна розташувати у центральній зоні стрижень, який дозволить інтенсифікувати процес шляхом надання часткам більшого початкового значення відцентрової сили.

Наведені вище розрахунки справедливі для осадження одиночної частинки і для дисперсних систем з невеликою концентрацією зважених частинок, тобто у разі, коли осадження частинок не спричиняє їх взаємодії: зіткнення, рухи однієї частинки услід за іншою. При високій концентрації частинок, що осідають, необхідно враховувати їх взаємовплив. Осадження частинок в середовищі з високою їх концентрацією характеризується явищами, які сприяють збільшенню або уповільненню швидкості осадження. Наприклад, зіткнення частинок може супроводжуватися їх агломерацією, що збільшує швидкість осадження; рух однієї частинки услід за іншою також підвищує швидкість осадження; зіткнення осідаючих частинок обумовлює дію додаткових сил тертя, що уповільнюють осадження. Для врахування описаних явищ необхідно враховувати зміну властивостей середовища у напрямку руху частки.

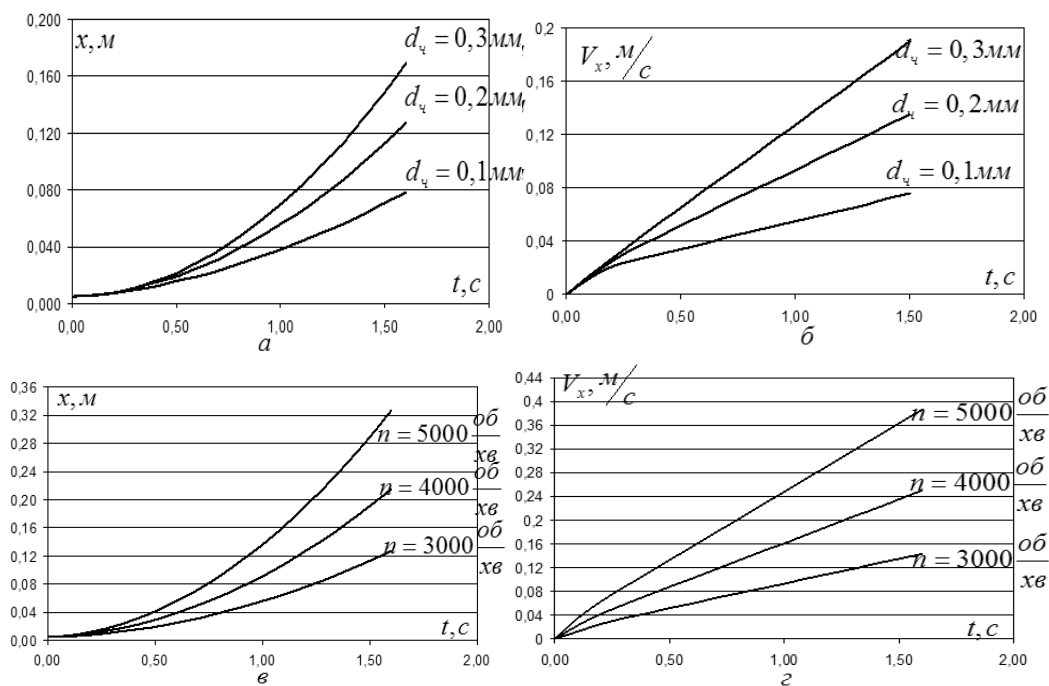


Рис.3. Графіки зміни положення x (а, в) і швидкості V_x (б, г) від часу для різних умов руху частки

Література

1. Трубопроводный транспорт нефти и газа: Учеб. для вузов Р. А. Алиев, В. Д. Белоусов, А.Г. Немудров и др.—2-е изд., перераб. и доп.— М. :Недра, 1988. - 368 с.
2. Силаш А. П. Добыча и транспорт нефти и газа. Часть 2. с англ. —М. Недра, 1980, 375 с. Пер. изд. ВНР, 1975.
3. Шкоропад Д.Е., Новиков О.П. Центрифуги и сепараторы для химических производств. - М.: Химия, 1987. - 255 с.
4. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. - 677 с.