

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ГІДРОАЕРОПРУЖНОСТІ ДЛЯ ПРОЦЕСУ  
ВЗАЄМОДІЇ ГАЗОДИСПЕРСНОГО ПОТОКУ З ДИНАМІЧНИМИ  
ВІДБІЙНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

*Дем'яненко М. М., студентка;  
Павленко І. В., асистент; Ляпоценко О. О., доцент*

Газосепараційне обладнання промислових технологічних ліній та комплексів забезпечує ефективне очищення газів за умов дотримання проектних (розрахункових) значень режимних параметрів роботи. В процесі експлуатації можливе суттєве відхилення робочих показників від проектних значень. Тому задача розробки конструкцій динамічних сепараторів, які б забезпечували високу ефективність сепарації у широкому діапазоні режимів роботи, постає безперечно актуальною.

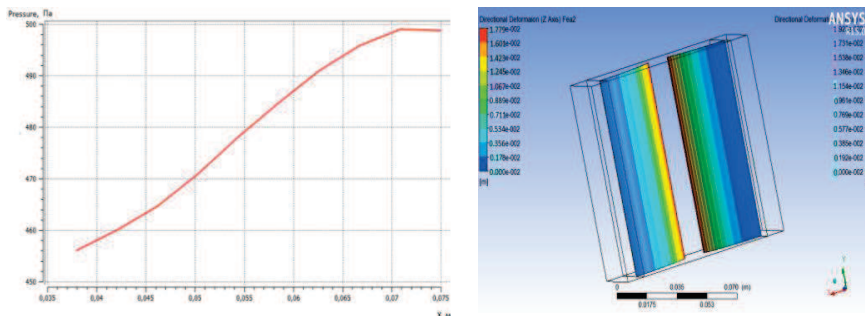
Для досягнення поставленої мети запропоновано новий спосіб сепарації, який пропонується реалізувати в гравітаційно-інерційному сепараторі, шляхом встановлення в корпус апарату пакету динамічних сепараційних елементів. Моделювання процесу взаємодії елементів з газодисперсним потоком передбачає розв'язання «пов'язаної» задачі гідроаеропружності: деформації пружної системи, що викликаються газовим потоком, в свою чергу здійснюють вплив на систему. Така постановка задачі призводить до необхідності розв'язання складної системи диференціальних рівнянь різного типу, що є можливим із застосуванням числових методів. Наприклад, програмний комплекс ANSYS Workbench, а саме його модулі Fluent Flow і Transient Structural у поєднанні засобами System Coupling дозволяють розв'язувати складні мультидисциплінарні задачі, зокрема, досліджувати взаємодію багатофазного газодисперсного потоку з деформованими пружними елементами.

У Fluent Flow розрахунок базується на розв'язанні рівнянь гідроаеродинаміки, а також рівнянь, що описують модель багатофазного потоку із зазначенням граничних умов для кожної фази і потоку у цілому, з використанням методу скінченних об'ємів. У Transient Structural розв'язується замкнута система рівнянь теорії пружності із використанням методу скінченних елементів.

У роботі розв'язується стаціонарна задача гідроаеропружності з використанням ітераційного методу. Переміщення серединної поверхні відбійних елементів апроксимується дугою кола  $w(x) = R - (R^2 - x^2)^{1/2}$  і поліномом  $w(x) = \sum a_k x^k$ , що задовольняє граничні умови задачі (як варіант,  $w = ax^2$ ).

Розрахунки проведено для наступних параметрів газорідного потоку на вході до газосепараційного пристрою: швидкість потоку 2-4 м/с, об'ємна частка рідини  $2 \cdot 10^{-4}$  з розмірами краплин в межах 1-100 мкм. На рис. 1 наведено графік розподілу тиску газорідного потоку, що діє на відбійні елементи (для останньої ітерації), а також відповідні деформації для

середньооб'ємної швидкості газорідинного потоку на вході 3,3 м/с та розміру краплин 10 мкм.



а) б)  
Рисунок 1 – Результати числового розрахунку:

а – розподіл тиску газорідинного потоку по довжині відбійного елемента;  
б – ізоповерхні поля переміщень

Для аналітичної перевірки результатів числового розрахунку у першому наближенні застосовується рівняння Софі Жермен з використанням гіпотез Кірхгофа-Лява:

$$\nabla^4 w(x) = p \overline{w(x)} / D, \quad (1)$$

де  $w(x)$  – функція прогину;  $D$  – циліндрична жорсткість елемента.

Нормальний до серединної поверхні тиск з урахуванням рис. 1 а апроксимується лінійною залежністю  $p[w(x)] = p_1 + (p_2 - p_1)x/l$ , де вхідний і вихідний тиски  $p_{1,2}$  залежать від прогину.

Розв'язання рівняння (1) за допомогою методів Рітца і Бубнова-Гальборкіна з урахуванням кінематичних граничних умов дозволяє отримати функцію прогину і його максимальне значення. Так, для значень вхідної швидкості потоку 3,3 м/с і розміру рідких краплин 10 мкм максимальний прогин становить 160 мм, що відрізняється від результату 178 мм, отриманого із застосуванням ANSYS Workbench (рис. 1 б) на 10%. Це свідчить про якісне співпадіння результатів у першому наближенні. Розбіжність виникає у зв'язку із лінійною постановкою задачі. Урахування значних деформацій пластини у аналітичному методі розрахунку потребує уточнення моделі з урахуванням нелінійних компонентів.

Подальші дослідження будуть спрямовані на більш ретельні числові розрахунки і розробку методу аналітичного дослідження нестационарної задачі гідроаеропружності відбійних елементів у газодисперсному потоці, а також дослідження стійкості системи.