

Технічні науки

УДК 68.081.63

Валько Михайло Павлович

магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Валько Михаил Павлович

магистрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Valko Mikhail Pavlovich

Undergraduate of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Гулієнко Сергій Валерійович

кандидат технічних наук, доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гулиенко Сергей Валерьевич

кандидат технических наук, доцент

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Gulienko Sergiy

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ СІТКИ-
СЕПАРАТОРА МЕМБРАННИХ МОДУЛІВ
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ СЕТКИ-
СЕПАРАТОРА МЕМБРАННЫХ МОДУЛЕЙ
ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE NEW STRUCTURE OF
THE MEMBRANE MODULE SEPARATOR**

***Анотація.** Зменшення енергозатрат апаратів є важливим в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості. Завдяки вдосконаленню конструкції сітки-сепаратора мембранних модулів можна досягти необхідної продуктивності*

***Ключові слова:** сітка, сепаратор, концентраційний фактор, циліндричні нитки, течія.*

***Аннотация.** Уменьшение энергозатрат аппаратов является важным в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой, теплоэнергетической и родственных отраслях промышленности. Благодаря совершенствованию конструкции сетки-сепаратора мембранных модулей можно достичь требуемой производительности*

***Ключевые слова:** сетка, сепаратор, концентрационный фактор, цилиндрические нити, течение.*

***Summary.** Reducing the energy consumption of devices is important in the chemical, oil refining, food, heat and energy and related industries. By improving the design of the mesh-separator membrane modules, you can achieve the required performance.*

***Key words:** mesh, separator, concentration coefficient, cylindrical threads, flow.*

Вступ. В мембранних модулях, зокрема рулонних, важливою

частиною є сітка-сепаратор, яка призначена для ефективного зменшення концентрації поляризації [1]. Однак сітка-сепаратор обумовлює значний гідравлічний опір.

При аналізі гідродинаміки в мембранних модулях основними параметрами спейсера є розміри й форма ниток, характер їх розташування. Для визначення його впливу на робочі параметри процесу, в тому числі режиму руху рідини, гідравлічного опору та інтенсивність концентраційної поляризації використовують метод обчислювальної гідродинаміки (CFD).

Так, в роботі [2] розглядався вплив форми поперечного перерізу ниток було встановлено, що циліндрична форма забезпечує менший концентраційний фактор, порівняно з ниткою прямокутного перерізу, тобто циліндрична форма є більш раціональною. В роботах [3] та [4] досліджувався вплив товщини циліндричних ниток, і було виявлено, що товщина нитки чинить більш суттєвий вплив на гідродинамічний опір, за розподіл. Зокрема, в роботі [3] показано, що зростання діаметру нитки в 1,5 рази збільшує падіння тиску в каналі більш ніж в 3 рази.

Вплив розташування спейсера в каналі оцінювався за розташуванням ниток по висоті каналу в повздовжньому перерізі та по кутах розташування сітки відносно напрямку течії.

В роботах [3] та [5] було встановлено, що найбільш раціональним способом розташування ниток спейсера по висоті каналу є зигзагоподібне, оскільки в таких умовах забезпечується найбільша інтенсивність масообміну.

Для оцінки впливу розташування сітки відносно було запропоновано декілька підходів, при чому найчастіше для цієї мети користуються такими кутами: кутом між нитками спейсера ϕ ; кутом атаки χ та кутом нахил комірки ψ . При чому результати різних авторів, щодо оптимальних значень цих параметрів відрізняються. В більшості комерційно доступних модулів $\phi = 90^\circ$ [6], тому деякі дослідження обмежувалися цим значенням. При

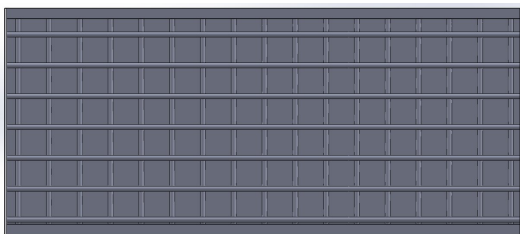
цьому в роботі [4] відзначається, що при $\chi = 45^\circ$ досягаються кращі результати, ніж при $\chi = 45^\circ$, в той час як в роботі [3] найкращі результати отримані для $\chi = 60^\circ$. В роботах [3] та [5] досліджувався вплив кута φ і в одному випадку були отримані оптимальні значення $\varphi = 120^\circ$ та $\psi = 30^\circ$ [2], а в другому $\varphi = 130^\circ$ та $\chi = 30^\circ$. Імовірною причиною таких розбіжностей є те, що в кожному дослідженні розглядався окремий дискретний набір значень розглядуваних кутів.

Було розроблено нову конструкцію сітки-сепаратора [7].

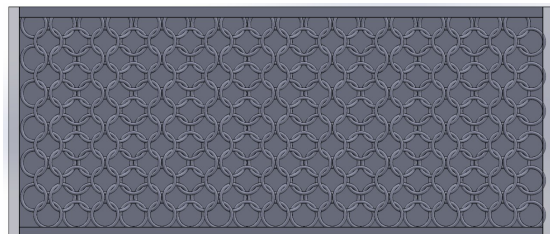
Метою роботи є оцінити ефективність запропонованої конструкції сітки сепаратора методами обчислювальної гідродинаміки.

Матеріали та методи. Для аналізу використовувалося середовище solid works 2016.

Було розроблено тестову комірку розміром 2х2 мм (рис. 1а) де розміщувалася традиційна конструкція сітки-сепаратора і нова конструкція з діаметром кілець 2 мм (рис.1б).



а)

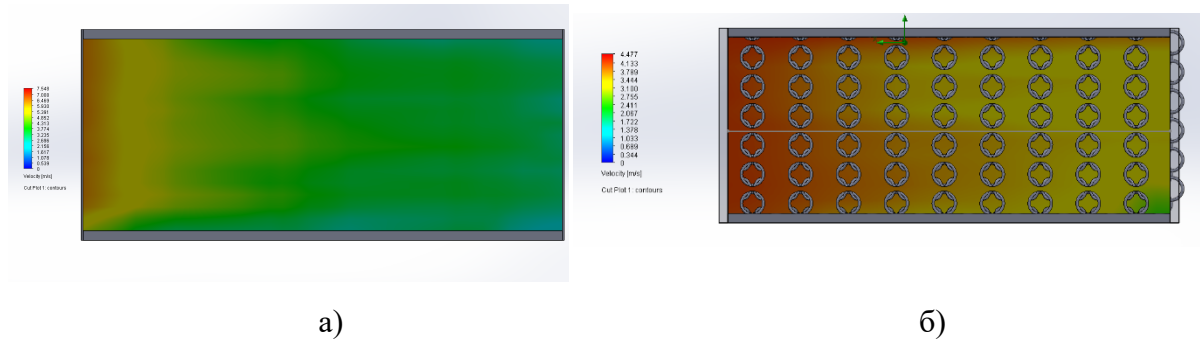


б)

а – традиційна конструкція; б – нова конструкція

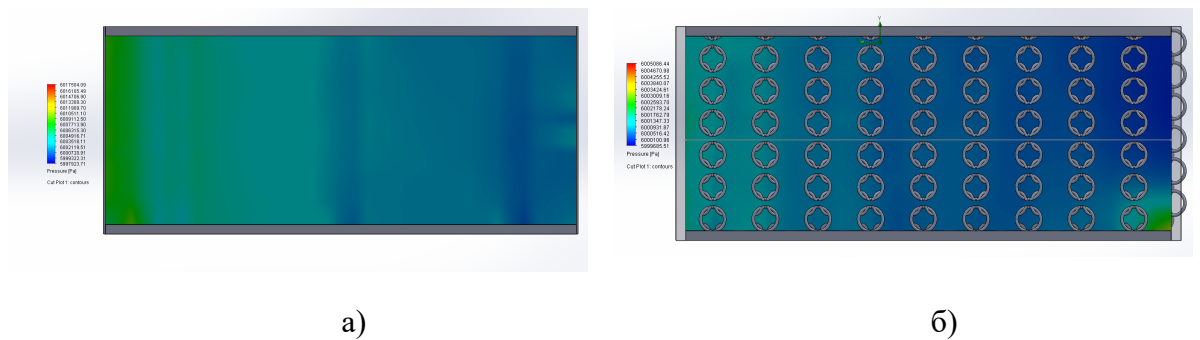
Рис. 1. Розрахункові моделі турбулізуючих вставок мембранного апарату

Результати та їх обговорення. За результатами проведеного моделювання отримані поля швидкостей (рис. 2) та тисків (рис. 3). З цих результатів видно, що швидкість в каналі сітки значно менша, аніж у новій конструкції.



а – традиційна конструкція; б – нова конструкція

Рис. 2. Епюра швидкостей



а – традиційна конструкція; б – нова конструкція

Рис. 3. Епюра тисків

Порівняння зміни тиску по довжині каналу (рис. 4) показує, що сітка-сепаратор виконана кільцями значно зменшує гідравлічний опір мембрани, отже є значно ефективнішою.

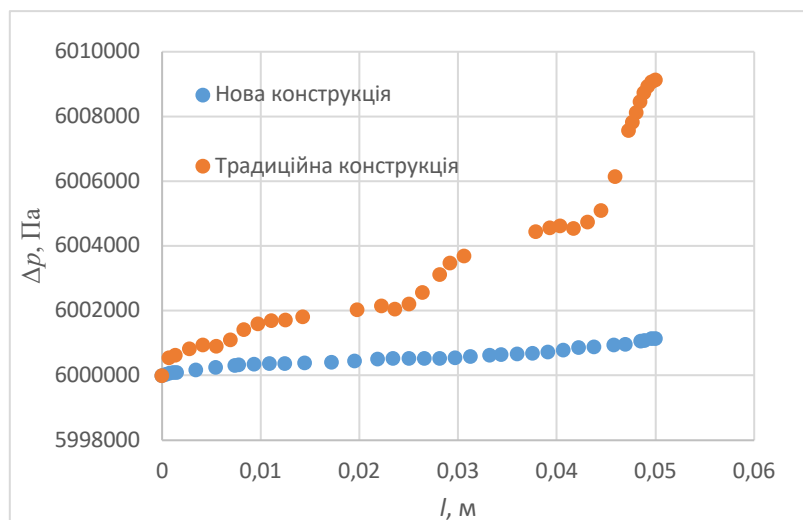


Рис. 4. Графік порівняння тиску

Висновок: аналіз моделювання руху рідини показує, що запропонована конструкція сітки-сепаратора дозволяє зменшити гідравлічний опір на 2,5% на 1 метр довжини мембранного каналу. Отже така конструкція є перспективною і може дозволити зменшити енергетичні витрати на проведення мембранних процесів.

Література

1. Мулдер М. Введение в мембранную технологию : пер. с англ. / М. Мулдер. - Москва: Мир, 1999.
2. Ahmad A.L., Lau K.K. "Impact of different spacer filaments geometries on 2D unsteady hydrodynamics and concentration polarization in spiral wound membrane channel", *Journal of Membrane Science*, 286, pp. 77–92, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.09.018>
3. Koutsou C.P., Yiantsios S.G., Karabelas A.J. "A numerical and experimental study of mass transfer in spacer-filled channels: Effects of spacer geometrical characteristics and Schmidt number", *Journal of Membrane Science*, 326, pp. 234–251. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.10.007>
4. Lau K.K., Abu Bakar M.Z., Ahmad A.L., Murugesan T. "Feed spacer mesh angle: 3D modeling, simulation and optimization based on unsteady hydrodynamic in spiral wound membrane channel", *Journal of Membrane Science*, 343, pp. 16–33, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2009.07.001>
5. Li Y.-L., Tung K.-L. "CFD simulation of fluid flow through spacer-filled membrane module: selecting suitable cell types for periodic boundary conditions", *Desalination*, 233, pp. 351–358, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.09.061>
6. Shakaib M., Hasani S.M.F., Mahmood M. " Study on the effects of spacer geometry in membrane feed channels using three-dimensional computational flow modeling", *Journal of Membrane Science*, 297, pp. 74–89, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2007.03.010>

7. Патент України № U201906414, МПК B01D 61/02 (2006.01), опубл.10.07.19, Бюл.№13.