

Модернізація розподільчого клапану лінії пакування в'язких рідин

Ходаковська Ю.О, студ., Луцевят І.О., студ, Шилович І.Л., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано вдосконалення клапану дозування в'язкого матеріалу шляхом встановлення гнучкої мембрани та додаткового каналу для подачі стисненого повітря.

Ключові слова: клапан, неньютонівська рідина, гнучка мембрана, прикладання тиску.

Вступ. Основні недоліки існуючих конструкцій полягають у складності контролю кількості продукту, що розливається в тару і необхідність запобігати витікання залишків рідини після закінчення процесу дозування. Результатом неефективності процесу дозування є, у першу чергу надлишкові енергетичні витрати і втрати сировини, зниження продуктивності та погіршення якості продукції.

Дослідниками [1] запропоновано енергоефективний метод дозування в'язкої рідини, що завантажується в контейнер шляхом розробки клапану з гнучкою мембраною, конструкція якого показана на рис.1. Принцип дії клапану зрозумілий зі схеми. Вдування стисненого повітря з боку гнучкої мембрани забезпечує притискання мембрани до випускного отвору і перекриває поступ рідини в контейнер.

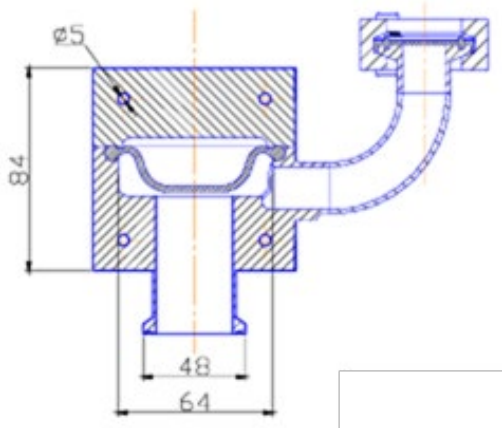


Рисунок 1 – Запірний клапан згідно [1]

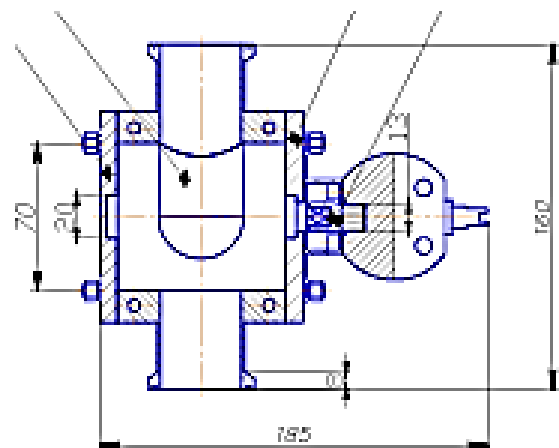


Рисунок 2 – Базова конструкція клапана

Порівняння модернізованого клапану з базовою конструкцією (рис.2) свідчить, що модернізований клапан має просту механічну конструкцію, що не вимагає застосування складної електричної частини у вигляді серводвигуна запору клапану.

Але застосування напряду модернізації вимагає розрахункового обґрунтування величини тиску і періодичності запирання клапану.

Базовими міркуваннями для розрахунку є те, що в'язка рідина має властивості неньютонівської рідини, головною особливістю якої є залежність в'язкості від швидкості напружень зсуву. В літературі у переважній більшості використовуються найбільш прості реологічні моделі (наприклад, ступеневий закон Оствальда – де Віля) і лінійна модель Бінгама [2]. Для згаданих підходів використовується ступеневе реологічне рівняння

$$\tau = k|\dot{\gamma}|^{n-1}\dot{\gamma}$$

де τ - напруження зсуву, Па; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву, s^{-1} ; k – пластична, або «умовна» в'язкість, Па·с^m; n –індекс течії.

Отже, при прикладанні механічних зусиль до рідини, вона буде проявляти особливості, що можуть завадити ефективному закриттю клапану. Автори патенту [1] наводять приблизний графік циклу запирання клапанів на лінії розподілу рідини по контейнерам (рис.3).

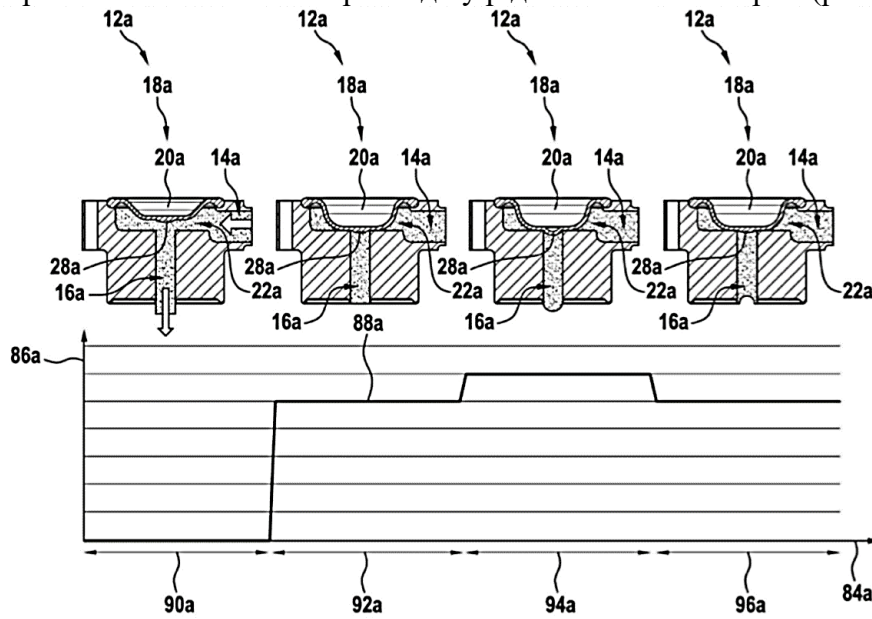


Рисунок 3 – Графік циклу роботи запірної арматури згідно [1]

Предметом цього дослідження є визначення динаміки і величини прикладання тиску до гнучкої мембрани. Для розрахунків була створена модель клапану, що показана на рис.4, а схема закріплення мембрани всередині моделі показано на рис.5.

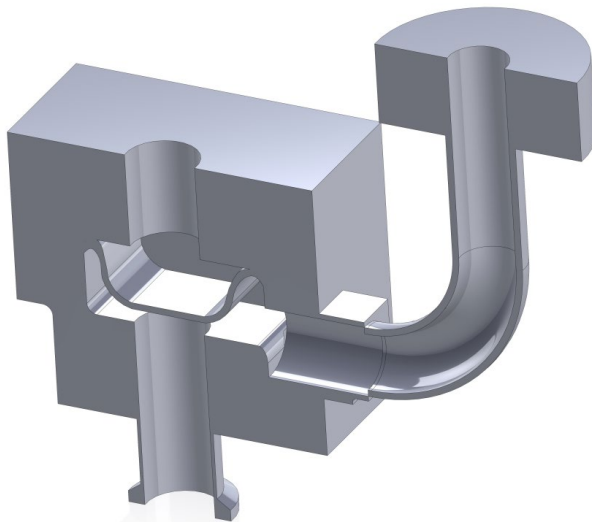


Рисунок 4 – Розрахункова модель запірного клапану

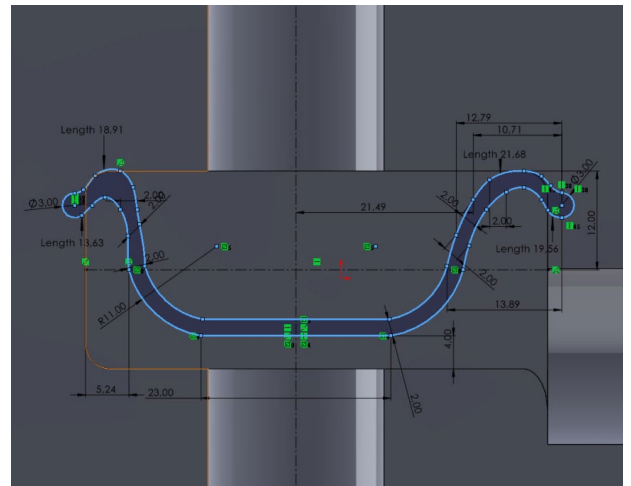


Рисунок 5 – Схема закріплення мембрани у клапані

Для розрахунків стану неньютонівської рідини використовувалася спрощена модель рідини в живильному патрубку, закрита пружною гнучкою мембраною. Для розрахунків використовувався аналіз в'язко-еластичної рідини в ANSYS в частині "Visco-elasticity" за допомогою аналізу Transient structural, за методикою [3 - 5]. Результати розрахунків приведені на рис.5,6.

Моделювалися деформації і напруження для клею типу ПВА. Теплофізичні властивості обиралися за даними [6].

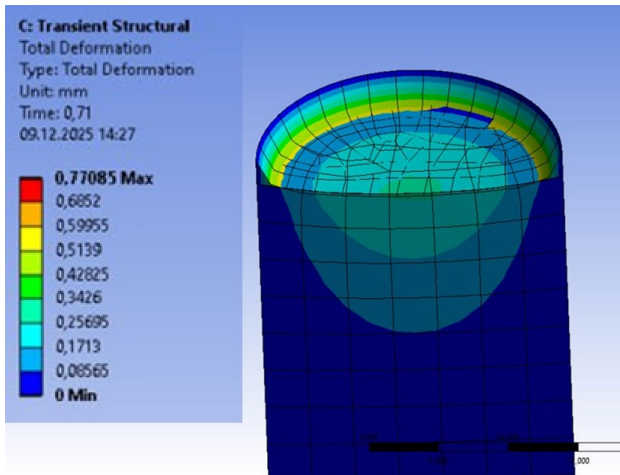


Рисунок 5 – Деформації в зоні перекриття клапану мембраною

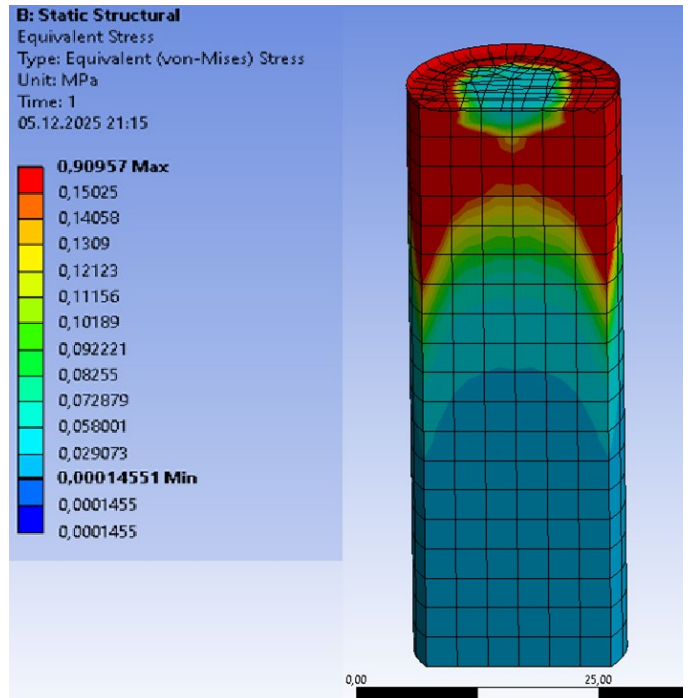


Рисунок 6 – Еквівалентні напруження в рідині.

Головним результатом моделювання є переконання в тому, що при запиранні рідини, вона помітно деформується у бік розподільчого патрубка і не опирається прикладеному тиску настільки, щоб виник перелив рідини при запиранні.

Шляхом варіантних розрахунків визначено час запирання клапану при активному тиску в діапазоні (0,4...0,5) МПа. Час запирання коливається в діапазоні 0,7...1,2 с.

Висновки. Обрано вид модернізації запірного клапану лінії фасування в'язких рідин, що сприяє спрощенню конструкції клапану і зменшення витрат енергії. Шляхом числового моделювання отримані значення запірного тиску і часу запирання клапану. Підтверджена працездатність конструкції, що дозволяє рекомендувати дану модернізацію до впровадження в технологічних лініях фасування в'язких рідин.

Перелік посилань

1. Патент CN117298986A. Дозувальний пристрій, система приготування харчових продуктів / М. Лойтенмайер; П. Шпігель. Патент перевірений: Хоу Мінхуей. № 102022116530.2; заявл. 03.07.2023; опубл 25.06.2024.
2. Течение и теплообмен неньютоновских жидкостей в трубах/ФройштетерГ.Б., Данилевич С.Ю., Радионова Н.В.- Киев: Наукова думка, 1990. – 280 стр.
3. ANSYS, Inc. ANSYS 11.0 Structural Analysis Guide, 2007. – 1240 pp.
4. I.Jones, E.Pierre-Louis. A Linear Thermoviscoelastic Material Model for Solid Structural Analyses/ Computers and Structures, Pergamon Press, 1995. – 278 pp.
5. О. М. Яхно, О. В. Узунов, О. Ф. Луговський і ін. Прикладна гідроаеромеханіка і механотроніка, Вінниця: ВНТУ, 2017. – 711 с.
6. Handbook of Technical Fluids.SRC Press, Taylor and Francis Group, 2007. – 1024pp.