

ІННОВАЦІЙНА ЛІНІЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЦИТРАМОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ РЕАКТОРА-ЗМІШУВАЧА

Стацюк В.П.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, v.statsiuk-bi24@iit.kpi.ua

Abstract

This article presents the design and 3D modeling of a stirred reactor for the pharmaceutical production line of Citramon – a combined analgesic, antipyretic, and anti-inflammatory drug. The mixing stage of active pharmaceutical ingredients is critical for ensuring the uniformity and therapeutic efficacy of the final product. To optimize the mixing process and enhance reactor design, a 3D model of the reactor was developed using Blender software. The reactor consists of a cylindrical shell, elliptical bottom, and flat top cover with an anchor-type stirrer, designed for efficient blending of viscous liquids. A cutaway 3D visualization was created to demonstrate the internal geometry and functionality of the apparatus. The model enables hydrodynamic analysis, identification of stagnant zones, and potential for CFD flow simulations. The developed digital model can be integrated into digital manufacturing systems to support real-time process monitoring and design improvement. The application of 3D modeling in pharmaceutical engineering enhances production quality, process control, and operational safety.

Keywords: citramon, pharmaceutical production, stirred reactor, hydrodynamics, flow modeling, CFD, mixing uniformity, process optimization

Вступ. Цитрамон – комбінований лікарський засіб, що поєднує анальгезивну, жарознижувальну та протизапальну дію. Ключовим елементом технологічної лінії виробництва цитрамону є реактор-змішувач. Реактор-змішувач – це апарат спеціального призначення, основне завдання якого проведення різного ряду хімічних процесів [1]. Одним із ключових факторів при виробництві цитрамону в процес змішування активних фармацевтичних інгредієнтів у реакторі-змішувачі є однорідність суміші, що напряду впливає на терапевтичну ефективність препарату. Нерівномірний розподіл швидкостей, застійні зони або надмірне турбулентне змішування можуть призвести до неоднорідності складу суміші, що є неприпустимим для фармацевтичних стандартів.

Вирішальний вплив на гідродинаміку потоку і якість змішування має геометрія технологічного апарату. Тому під час розробки реактора-змішувача актуальним є проведення 3D-моделювання реактора-змішувача.

Метою роботи була розробка і 3D-моделювання реактора-змішувача для лінії виробництва цитрамону.

Матеріали та методи. У межах дослідження було проаналізовано технологічний процес виробництва препарату цитрамон з акцентом на стадії змішування активних фармацевтичних інгредієнтів. З метою оптимізації цього етапу було здійснено розробку тривимірної моделі реактора-змішувача. Створення **3D-моделі** виконувалося засобами інтерактивного середовища для моделювання Blender.

Результати та обговорення. Розроблений реактор-змішувач (рис. 1), представляє собою корпус (циліндрична обичайка), еліптичне днище і плоска кришка, оточені сорочкою, яка призначена для протікання в ній охолоджуючої рідини – води (для нашого проекту) з перемішуючим пристроєм, який забезпечує

збільшення швидкості протікання процесу змішування розчину зволожувача і приводиться в рух за допомогою привода [2].

Було обрано реактор-змішувач з номінальним об'ємом $V = 0,04 \text{ м}^3$ з внутрішнім діаметром $D = 400 \text{ мм}$, загальною висотою апарату $H = 345 \text{ мм}$, з плоскою кришкою. Товщина стінок апарату $S = 6 \text{ мм}$. Апарат з якірною мішалкою, яка забезпечує перемішування в'язких і важких рідин для усунення випадіння осаду на стінки і днище. Площа поверхні теплообміну апарата $f_p = 0,6 \text{ м}^2$ [3].

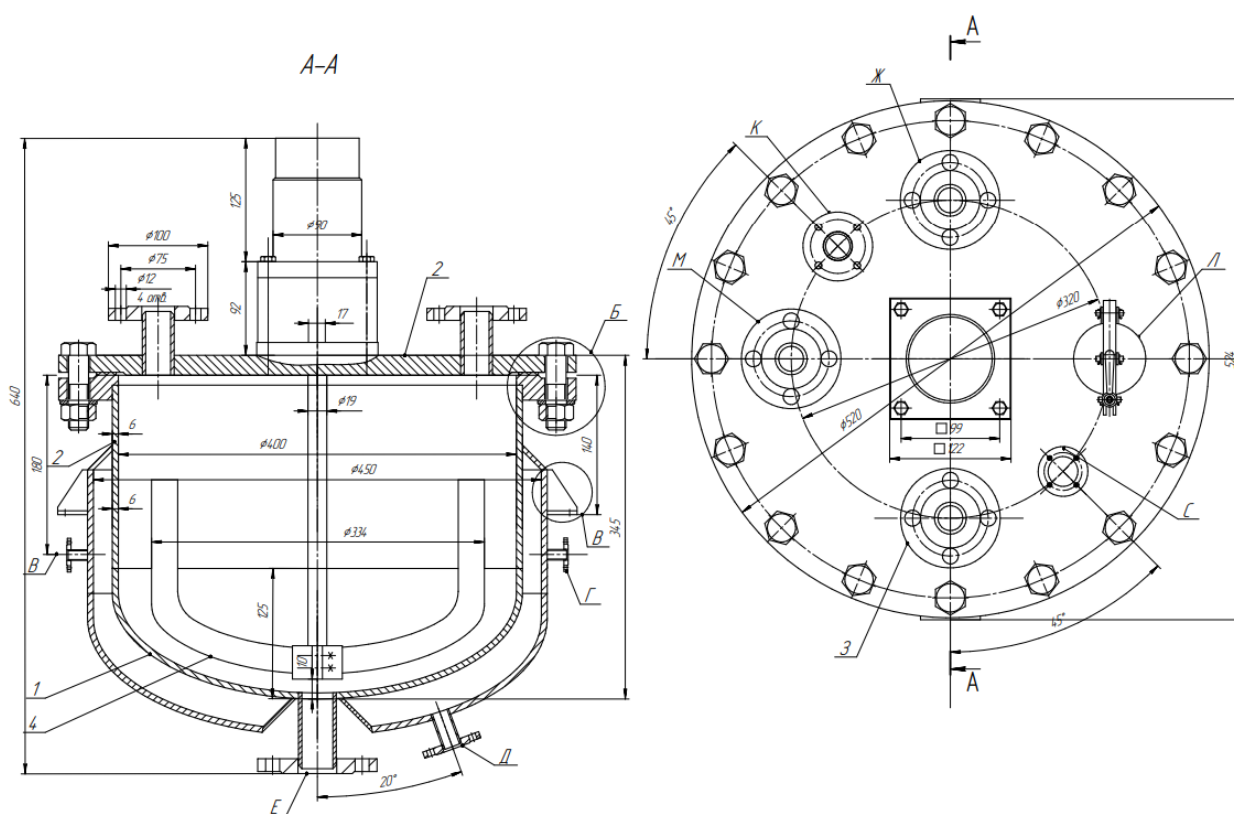


Рис. 1. Складальне креслення розробленого реактора-змішувача.

Для створення тривимірної моделі реактора-змішувача використовувалось програмне забезпечення Blender, яке забезпечує широкі можливості для інженерного моделювання, візуалізації та створення анімованих сцен.

Була створена точна візуалізація апарату з урахуванням усіх конструктивних елементів, включаючи корпус, днище, кришку, опорні ніжки, патрубки, болтові з'єднання та мішалку. Побудована базова геометрія циліндричної обичайки з еліптичним днищем та плоскою кришкою. Результати 3D-моделювання реактора-змішувача в Blender наведені на рис. 2.



Рис. 2. – Результати 3D-моделювання реактора-змішувача в Blender.

Всі елементи побудовані відповідно до заданих розмірів ($D = 400$ мм, $H = 345$ мм, товщина стінки – 6 мм). На моделі були промодельовані всі вхідні та вихідні патрубки, а також елементи кріплення, фланці й болти. Внутрішня частина апарата включає якірну мішалку, що є основним змішуючим елементом [4]. Для кращої ілюстрації внутрішньої будови реактора, виконано візуальний розріз моделі по вертикальній осі. Це дало змогу детально зобразити конструкцію мішалки, внутрішню геометрію та принцип дії апарата. Для підвищення наочності модель було оформлено з використанням умовних матеріалів, що імітують металеву поверхню, без надмірної деталізації текстур, аби зберегти технічну точність.

Створена 3D-модель дозволяє віртуально відтворити геометрію реактора, візуалізувати потоки рідини, виявити застійні зони, турбулентні області, зони надмірного зсуву або недостатнього змішування. За допомогою 3D-моделювання можна проаналізувати вплив конструктивних параметрів, таких як форма і розташування мішалки, положення вхідних і вихідних отворів, на характеристики потоку

Висновки. Створена 3D-моделювання не лише сприяє точному проектуванню реактора-змішувача, а й значно розширює можливості інженерного аналізу, вдосконалення конструкції, підвищення якості готової продукції та оптимізації всього виробничого процесу. 3D-модель може бути інтегрована у системи **цифрового виробництва**, що дозволяє відстежувати реальні процеси у режимі реального часу та прогнозувати поведінку апарата в умовах змін технологічних параметрів.

Список використаної літератури:

1. Навчальний посібник з аптечної технології ліків: Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності «226 Фармація, промислова фармація» / Т. Г. Ярних та ін. Харків : Ориг., 2021.
2. Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв – 2. Устаткування виробництв галузі. Практикум [Електронний ресурс]: Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавр за спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія», освітньої програми «Біотехнології» / Л. І. Ружинська та ін. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.
3. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А. П. Ладанюк та ін. Київ : Ліра-К, 2020.
4. Процеси і апарати харчових виробництв: приклади і задачі: навчальний посібник / І. Ф. Малезик та ін. Київ : НУХТ, 2015.