

УДК 681.5.015 : 681.5.015.23

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СТЕНДА, ЩО ФОРМУЄ КОЛИВАЛЬНИЙ ВЕРТИКАЛЬНИЙ РУХ РІДИНИ

*Кондратець В.О., к.т.н., професор, Мацуї А.М., к.т.н.
Кіровоградський національний технічний університет
matsuyan@mail.ru*

При розробці нових засобів автоматики в основному використовують стени. Здебільшого виготовляють спеціальні стени в процесі розробки конкретних технічних засобів, які враховують як технологічні умови, так і особливості створюваної апаратури. Однак більш доцільно використовувати уніфіковані стени, які слугують для різних досліджень. У промисловості та сільському господарстві існує значна кількість технологічних апаратів, де виникають процеси з хвильовим або іншим вертикальним переміщенням рідин, у яких визначають рівень, тиск, концентрацію. Характерними представниками даного обладнання є завиткові живильники. Фізичне моделювання процесів у них шляхом створення діючого стени показало складність, витратність, значні втрати часу, несумісність габаритів установки з реальними розмірами апаратури. Підвищити ефективність розроблення технічних засобів контролю параметрів коливальних процесів можливо лише створенням універсального стени з формуванням вертикальних рухів рідини, який був би простим, нематеріалоемким і сумісним з реальними розмірами інформаційних засобів. Однак подібних стенив ніхто не розробляв. Тому тема статті, присвяченої математичному моделюванню та оптимізації параметрів такого стени, є актуальною.

Метою даної роботи є пошук найкращих конструктивних параметрів запропонованого універсального стени шляхом його математичного моделювання та оптимізації.

У технологічних процесах вертикальний рух рідини виникає у резервуарах, що здебільшого мають прямокутні перерізи.

Тому базовим елементом стенда повинен бути резервуар з прямокутним поперечним перерізом, у якому засоби вимірювання технологічних параметрів встановлюють у донній частині і вони займають всю його висоту. Це вимагає подачі рідини знизу у донну частину. Коливальний вертикальний рух рідини можливо забезпечити регулюванням її впуску та випуску у донній частині, однак швидкі зміни рівня, які часто виникають, таким підходом забезпечити неможливо. Найбільш простим і високодинамічним може бути регулювання рівня у системі сполучених резервуарів. Виконаємо у базовому резервуарі у донній частині патрубок з великим поперечним перерізом, з'єднаємо його гнучким коротким гофрованим рукавом з іншим резервуаром з прямокутним перерізом, що в нижній частині має вісь, навколо якої може здійснювати коливальні рухи. При нахиленні рухомого резервуара рідина в ньому опускається, що спричиняє падіння рівня і в основному нерухомому резервуарі. Піднімання рухомого резервуара спричиняє зростання рівня рідини. Оскільки резервуари зв'язані між собою каналом з великим поперечним перерізом, то такі зміни відбуваються практично миттєво, тобто, така конструкція забезпечує високу динаміку рівня рідини. Коливання рухомого резервуара можливо здійснювати повзуном, що переміщується у направляючих і приводиться в дію кулачком, який обертається електричним двигуном з редуктором. Профіль кулачка забезпечує характер зміни рівня рідини в резервуарі. Зміною кулачків і передаточного відношення редуктора можливо задавати будь-які за характером і тривалістю коливання рівня рідини у нерухомому резервуарі.

Базовим елементом стенда є нерухомий резервуар, в якому встановлюються на дослідження вимірювальні засоби. Виходячи з цього, його габарити повинні бути такими, щоб задовольнити розмірам вимірювальних засобів і змінам рівня рідини в технологічному процесі. Отвір для введення знизу рідини повинен бути відділеним від вимірювальних засобів для позбавлення впливу потоку на їх роботу. Отже, даний конструктивний елемент є основою стенда, оскільки прямо визначає об'єм рідини в ньому, габарити усієї установки. Зрозуміло, що необхідно прагнути початковий об'єм рідини в

стенді мінімізувати, за певних умов характеристики стенда будуть найкращими. Їх можливо відшукати в процесі оптимізації конструктивних параметрів стенда.

Оптимізація передбачає знаходження математичної моделі об'єкта. У даному випадку необхідно знайти статичну математичну модель об'єкта оптимізації, тобто стенда. Дослідженнями встановлено, що математична модель стенда має наступний вид

$$H = \frac{V_0 + \frac{cd^2 \operatorname{ctg} \alpha}{2}}{ab + \frac{cd}{\sin \alpha}}, \quad (1)$$

де H – рівень рідини у нерухомому резервуарі, що змінюється при варіації кута α нахилу рухомого резервуара; V_0 – об'єм рідини в обох резервуарах, що імітує її рівень; a, b – розміри нерухомого резервуара у нормальному поперечному перерізі; c, d – розміри рухомого резервуара у нормальному поперечному перерізі.

Найкращі характеристики стенда будуть тоді, коли рівень H найбільш відчутно буде реагувати на зміну кута α . Тому в якості критерію оптимальності слід прийняти залежність

$$\frac{dH}{dt} \rightarrow \max. \quad (2)$$

У ході оптимізації параметрів стенда встановлено, що при $a = 160$ мм, $b = 400$ мм кут зміни положення рухомого резервуара повинен становити $\alpha = 45^\circ \pm 15^\circ$, $c = 283$ мм, $d = 155$ мм.

Таким чином, вперше запропоновано конструкцію універсального стенда, що формує коливальний вертикальний рух рідини, знайдена його статична математична модель і оптимальні значення конструктивних параметрів, що дозволить значно підвищити ефективність розробки і впровадження інформаційних засобів у технологічні процеси з хвильовим характером переміщення рідких середовищ.