

УДК 674.048.2:621.22

Коц І.В.**Бадьора Н.П.***(Вінницький національний технічний університет)***Берник І.М.***(Вінницький національний аграрний університет)*

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА ПРОСОЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Предложена конструкция оборудования для импульсной баротермической пропитки капиллярно-пористых структур, которая базируется на использовании гидравлического привода, а также рассмотрено математическую модель динамики рабочего процесса оборудования для пропитки материалов.

Construction of equipment for impulsive pressure and temperature treatment, which are based on the use of hydraulic of capillary and porous materials. The mathematical dependences describing the dynamics of the workflow materials.

Постановка проблеми

Капілярно-пористі матеріали є досить поширеними у різних галузях промисловості. Одним з напрямків вирішення задач використання капілярно-пористих структур є просочення їх різними розчинами за допомогою спеціальних пристроїв. Ці обставини зумовлюють доцільність подальшого вдосконалення та розробки нового устаткування, зокрема, для імпульсного баротермічного просочування капілярно-пористих структур.

Аналіз останніх досліджень

Аналіз останніх досліджень показав, що відомі способи і методи для просочування капілярно-пористих структур не забезпечують бажаного результату за рахунок того, що використовують поверхневе просочення або застосовують пристрої, які працюють статично [1, 2].

Формулювання мети та задач

Метою даної роботи є розробка математичної моделі динаміки робочого процесу устаткування для гідроімпульсного просочування капілярно-пористих матеріалів, яке базується на використанні гідравлічного приводу. Задачами досліджень є визначення та обґрунтування раціональних конструктивно-технологічних параметрів просочувального агрегату.

Виклад основного матеріалу

Принципова схема установки для імпульсного баротермічного просочування капілярно-пористих матеріалів наведена на рис. 1. Установка працює наступним чином. На початку технологічного процесу насичення органічних матеріалів відбувається вакуумування герметичної просочувальної камери 1. Для цього відкривається запірний вентиль 11 і вмикається електропривід вакуумного насосу 5. Відбувається вакуумування внутрішньої порожнини герметичної просочувальної камери 1 і оброблюваного органічного матеріалу, що знаходиться в ній. Після витримки оброблювального матеріалу під вакуумом в ньому відбуваються процеси видалення із внутрішньої структури капілярно-пористого матеріалу вологи та відкриття внутрішніх каналів для їх подальшого заповнення просочуваною рідиною. По завершенню вакуумування електропривід вакуумного насосу 5 вмикається, запірний вентиль 11 перекривається. Запірний вентиль 22 відкривається і зв'язує внутрішню порожнину герметичної просочувальної камери 1 з атмосферою. Потім відбувається заповнення герметичної просочувальної камери 1 просочуваною рідиною. Для цього відкривається двопозиційний гідророзподільник 7, через який підігріта просочувальна рідина із герметичної ванни 3 надходить до циліндричної розточки 20. При ввімкненні електроприводу гідронасоса 4 робоча рідина під тиском надходить у взвідні робочі камери 18.

Під дією зростаючого тиску робочої рідини у взвідних робочих камерах 18 плунжери робочого органу 2 переміщуються вправо, стискаючи пружини зворотнього ходу 17. При цьому протилежна сторона плунжер робочого органу 2, що знаходиться у крайньому лівому положенні, витісняє із нагнітальної камери 19 просочувальну рідину, яка її заповнює. Далі просочувальна рідина під тиском через відкритий вентиль 16 і зворотній клапан 8 надходить до внутрішньої порожнини герметичної просочувальної камери 1. Поступово герметична просочувальна камера 1 заповнюється просочуваною рідиною. Потім по завершенню заповнення запірний вентиль 22 закривається і відкривається манометричний кран 14, і відбувається контроль тиску за показами манометра 13. По досягненню в герметичній просочувальній камері 1 необхідної величини тиску просочувальної рідини манометричний кран 14 і запірний вентиль 16, а також двопозиційний гідророзподільник 7 закриваються, а запірний вентиль 15 відкривається. Поршневі насос – демультіплікатор продовжує працювати в режимі імпульсного навантаження об'єму просочувальної рідини, що знаходиться у герметичній просочувальній камері 1. При цьому плунжер робочого органу 2 здійснює періодичні зворотно-поступальні рухи, створюючи при цьому імпульси тиску у просочувальній рідині. Завдяки імпульсному навантаженню рідинного середовища в середині герметичної просочувальної камери 1 відбувається ефективно просочування і заповнення пор у товщі капілярно-пористих матеріалів. Імпульсне навантаження оброблюваного органічного матеріалу здійснюється на протязі визначеного терміну. По завершенню технологічної обробки просочуванням, гідропривід створення імпульсів тиску, тобто гідропривідний насос 4 і генератор імпульсів тиску 6 відключаються, запірний вентиль 15 перекривається, а зливний вентиль 10 відкривається і просочувальна рідина зливається у герметичну ванну для просочувальної рідини для її подальшого зберігання та нагріву.

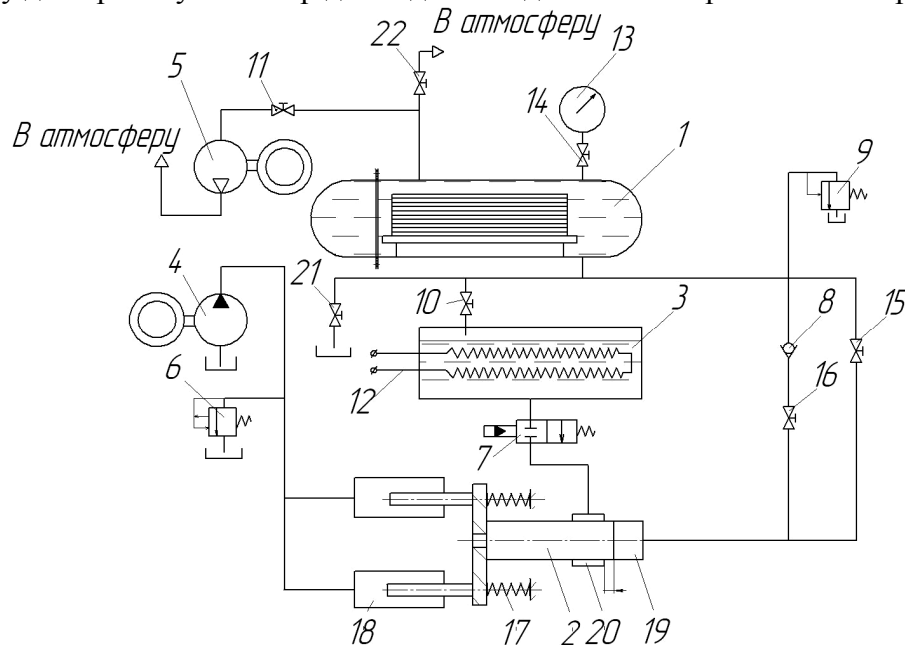


Рис. 1. - Принципова схема установки для імпульсного баротермічного просочування капілярно-пористих матеріалів

Для проведення розрахунку приймемо наступні припущення:

- тиск в зливній магістралі для даної гідросистеми прийнято рівним деякому розрахунковому значенню $p_{зл}=p_{min}=const$, яке визначається умовним прохідним перерізом зливного трубопроводу;
- абсолютне значення часу гальмування в кінцевих положеннях плунжерного робочого органу, як правило, на порядок менше часу прямого або зворотного ходу, а тому ним нехтуємо;

- продуктивність насоса привідної гідросистеми постійна, тобто не залежить від величини тиску в напірній магістралі гідромагістралі [3-5].

Цикл роботи просочувального агрегату з гідроімпульсним приводом можна розділити на 3 фази:

Перша фаза підвищення тиску в гідросистемі і стиснення замкнутого об'єму робочої рідини представлена у вигляді диференціального рівняння:

$$Q_n = \frac{dp_n}{dt} W_0 K \quad (1)$$

Початкові умови: $p_n = p_{зл}$, $x = 0$, $dx/dt = 0$.

$$\text{Граничні умови: } p_{нкін} = \frac{mg + cx_0 + \sum R_{mp}}{f},$$

де x – переміщення плунжерного робочого органу 2; dx/dt – швидкість плунжерного робочого органу 2; p_n – поточний тиск у привідній гідросистемі; Q_n – продуктивність насоса привідної гідросистеми; W_0 – початковий об'єм привідної гідросистеми; K – коефіцієнт стисливості робочої рідини; $p_{нко} = p_{зл}$ – початковий тиск робочої рідини у взвідній робочій камері 18; $p_{нкін}$ – значення тиску робочої рідини у привідній гідросистемі, при якому починається наступна фаза; m – приведена маса рухомих частин та маси рідини привідної гідросистеми; g – прискорення вільного падіння; c – сумарна жорсткість пружин 18; x_0 – попередня затяжка силових пружин 18; $\sum R_{mp}$ – сума сил сухого та в'язкого тертя; $f = \pi \frac{d^2}{4}$ – сумарна робоча площа плунжерів зі сторони привідної гідросистеми.

Друга фаза: рух плунжерного робочого органу і стиснення пружного елемента при закритому запірному органі гідравлічного генератора імпульсів тиску представлена у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} Q_n = \frac{dp_n}{dt} (W + f x) K + f \frac{dx}{dt}; \\ m \frac{d^2 x}{dt^2} = p_n f - p_1 F - \alpha \frac{dx}{dt} - R_{mp} \text{sign} \frac{dx}{dt} - c(x_0 + x); \\ f \frac{dx}{dt} = \frac{dp_1}{dt} (W_1 - F x) K_2, \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Початкові умови: } p_n = p_{нкін}, p_{10} = p_{1cm}, x = 0, dx/dt = 0, p_{нкін} = \frac{mg + cx_0 + \sum R_{mp}}{f}.$$

Граничні умови: $p_k = p_{max}$,

де F – ефективна площа плунжера, що рухається у нагнітальній камері 19;

R_{mp} – сумарні сили сухого тертя при русі плунжерного робочого органу 2;

$p_{10} = p_{1cm}$ – відповідно, p_{10} – початковий тиск у технологічній рідині на початку фази, що дорівнює стабільному статичному тиску p_{1cm} у технологічній робочій камері 1;

α – приведений коефіцієнт в'язкого тертя, який враховує сили тертя і гідравлічні втрати в підвідних трубопроводах і каналах для плунжерного робочого органу 2;

μ – коефіцієнт витрат робочої рідини;

K_1 – приведений коефіцієнт стисливості технологічної рідини із врахуванням її температури;

W_1 – сумарний об'єм технологічної робочої камери 4, нагнітальної камери 19, а також з'єднувальних трубопроводів.

Третя фаза: релейне відкриття і утримання запірного органу гідравлічного генератора імпульсів тиску в відкритому положенні, перепуск рідини через запірний орган гідравлічного генератора імпульсів тиску і рух плунжерного робочого органу у зворотному напрямі під дією стиснутих при прямому ході силових пружин.

$$\left\{ \begin{array}{l} m \frac{d^2 x}{dt^2} = c [x_{\kappa} - (x_0 + x)] - p f - p_1 F - \\ - \alpha \frac{dx}{dt} - R_{mp} \operatorname{sign} \frac{dx}{dt}; \\ \frac{dp}{dt} (W_0 - f x) K = Q_n - f \frac{dx}{dt} - \mu f_{zл} \sqrt{\frac{2(p_{\max} - p)}{\rho}}; \\ \frac{dp_1}{dt} (W_1 - F x) K_1 = F \frac{dx}{dt}, \end{array} \right. \quad (3)$$

Початкові умови: $p=p_{\max}$, $z=x_{\kappa}-x_0$, $dx/dt=0$, $p_{1n}=p_{1\max}$.

Граничні умови: $p=p_{zл}$; $p_1=p_{1cm}$,

де z – максимальна величина прямого ходу плунжерного робочого органу 2, що дорівнює максимальній деформації силових пружин 17;

p_{\max} , p – відповідно, p_{\max} – максимальний тиск у робочій рідині на початку цієї фази, що дорівнює налаштованому заздалегідь тиску спрацювання гідравлічного генератора імпульсів тиску 6, p – поточний тиск у приводній гідросистемі, що сполучена зі зливним трубопроводом через прохідний отвір запірного органу гідравлічного генератора імпульсів тиску 6 з площею поперечного перерізу $f_{zл}$, який по завершенню III фази досягає величини $p=p_{zл}$;

$p_{1n} = p_{1\max}$ – відповідно, p_{1n} – початковий тиск у технологічній рідині на початку III фази, що дорівнює максимально досягнутому тиску технологічної рідини $p_{1\max}$ у технологічній робочій камері 1 та нагнітальній камері 19 і з'єднувальних трубопроводах;

$p_1 = p_{1cm}$ – відповідно, p_1 – поточний тиск у технологічній рідині в кінці III фази, що дорівнює стабільному статичному тиску p_{1cm} у технологічній робочій камері 1 та нагнітальній камері 19 і з'єднувальних трубопроводах.

Висновки

Наведено принципову схему установки для імпульсного баротермічної просочення капілярно-пористих структур і розглянуто принцип роботи на особливості робочого процесу устаткування. Представлено математичну модель робочого процесу гідроімпульсного приводу просочувального агрегату та наведені системи нелінійних диференціальних рівнянь для кожної фази робочого процесу.

Література

1. Патент № 85025 (54) України U B27K 3/00 Спосіб просочування деревини /С.М.Аринкін – 200802693, Заявл.: 03.03.2008. Одерж.: 10.12.2008.
2. Патент № 2307026 С1 Российской Федерации В27К3/10. Сушильно-пропиточный комплекс / Серков С.В., Заявлен: 13.06.2006. Получен: 27.09.2007.
3. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика / [В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський та ін.]; за ред. В. О. Федорця. – К.: Вища шк., 1995. – 463 с.
4. Коц И. В. Разработка и исследование клапанов-пульсаторов для гидравлических приводов вибрационных и ударно-вибрационных узлов горных машин: дис. кандидата техн. наук: 05.02.03 / И. В. Коц – Винница, 1994. – 227с.
5. Навроцкий К. Л. Динамика автономного гидропривода возвратно-поступательного движения / К. Л. Навроцкий // Вестник машиностроения. – 2003. – № 4. – С. 7 – 13.