

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ INSIGHT MAKER ПРИ ЗДІЙСНЕННІ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ХЛІБОВИПІКАННІ

¹Усатенко Г. Г., аспірант; ²Пазій С. В., студентка магістратури;

¹Леонт'єва В. В., канд. фіз.-мат. наук, доцент;

¹Кондрат'єва Н. О., канд. фіз.-мат. наук, доцент

¹Запорізький національний університет

²Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

У сучасних наукових дослідженнях харчової промисловості значна увага приділяється аналізу та оптимізації складних виробничих циклів, які функціонують в умовах біохімічної мінливості сировини та жорстких температурних регламентів. Особливе місце серед них посідають технологічні процеси хлібопекарського виробництва, що характеризуються взаємозв'язком багатьох фізико-хімічних показників на різних етапах переробки [1-5]. Такі процеси знаходять широке застосування у хлібопекарській індустрії та ресторанному господарстві, де відповідні величини (наприклад, концентрація діоксиду вуглецю в тісті, вологість напівфабрикатів, температурні градієнти в пекарній камері) за своєю сутністю є динамічними та нелінійними. Притаманна хлібопекарським технологіям недетермінованість виникає внаслідок впливу зовнішніх непередбачуваних факторів, коливань хлібопекарських властивостей борошна, або ж внаслідок відсутності повної інформації про кінетику ферментації та вологообміну, що суттєво ускладнює задачу їх ефективного проектування та автоматизації [2-8].

В роботі проаналізовано можливі підходи до комп'ютерної реалізації моделей, які можуть бути впроваджені за допомогою хмарної платформи Insight Maker для дослідження технології хлібовипікання.

Проаналізовано сутність та переваги трьох основних функціональних інструментів середовища:

- діаграм потоків і рівнів;
- стохастичного моделювання;
- агент-орієнтованих алгоритмів.

В результаті проведеного аналізу визначено, що діаграми потоків і рівнів (системна динаміка) забезпечують гарантовану стабільність та наочність відтворення безперервних процесів, таких як накопичення біомаси дріжджів або прогрівання тістової заготовки, мінімізуючи ризики технологічного браку, інструменти стохастичного моделювання надають гнучкість, дозволяючи системі динамічно підлаштовувати параметри симуляції до змінних характеристик навколишнього середовища та випадкових коливань параметрів інгредієнтів у реальному часі [1, 5]. У свою чергу, агент-орієнтований підхід зосереджується на досягненні найкращих показників ефективності шляхом моделювання дискретних взаємодій окремих елементів (наприклад, поведінки бульбашок газу в пористій структурі м'якушки або логістики переміщення деж), забезпечуючи при цьому цілісність опису мікроструктурних змін.

Кожен із досліджених інструментів платформи має свою унікальну сутність та надає специфічні переваги: системна динаміка забезпечує надійність макроско-

пiчних теплофiзичних розрахункiв, стохастичний аналіз – гнучкiсть до оцiнки ризикiв при змiнi якостi сировини, а агентне моделювання – ефективнiсть при дослiдженнi структурно-механiчних властивостей системи. Зважаючи, що моделювання процесiв хлiбовипiкання є багатогранною проблемою, яка вимагає застосування рiзноманiтних теоретичних та практичних пiдходiв, комбiнацiя зазначених в роботi iнструментiв Insight Maker, разом iз використанням сучасних хмарних iнформацiйних технологiй, вiдкриває новi перспективи для створення високопродуктивних цифрових аналогiв виробництва, здатних ефективно функцiонувати в реальних умовах з неповною iнформацiєю та зовнiшнiми збуреннями у рiзноманiтних прикладних сферах харчової iндустрії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fortmann-Roe S. Insight Maker: A General-Purpose Tool for Web-Based Modeling & Simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2014. No. 47, P. 28-45. URL : <http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2014.03.013>.
2. Горда О.В., Назаренко І.І. Моделювання систем: конспект лекцій. Київ: КНУБА, 2020. 83с.
3. Morecroft J. D. Strategic Modelling and Business Dynamics: A Feedback Systems Approach. 2nd ed. Chichester : John Wiley & Sons, 2015. 466 p. URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119176831>.
4. Ростовський В.С., Колісник А.В. Системи технологій харчових виробництв : навч. посіб. Київ : Кондор. 2008. 256 с.
5. Rahman M. S. Handbook of Food and Bioprocess Modeling Techniques. Boca Raton : CRC Press, 2007. 632 p. URL : https://www.researchgate.net/publication/269984640_Handbook_of_Food_and_Bioprocess_Modeling_Techniques.
6. Richardson G. P. Reflections on the Foundations of System Dynamics. *System Dynamics Review*, 2011. Vol. 27, Iss. 3. P. 219–243. URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.462>.
7. Bernyk I. Estimation of efficiency of ultrasonic cavitation processing of technological media on energy criteria. *Mechanics and Advanced Technologies*, 2020. No. 2 (89). P. 18–28.
8. Берник І. М., Коц І. В. Вибір алгоритму управління процесом барометричної обробки харчової сировини в тепловій камері з аеродинамічним нагріванням. *Продовольчі ресурси*, 2019. №13. С. 7–14.

УДК 519.816:519.876:004.89

МЕТОДОЛОГІЯ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ У ПРИКЛАДНИХ СИСТЕМАХ З НЕЧІТКОЮ ІНФОРМАЦІЙНОЮ СТРУКТУРОЮ

Фоменко О. С., студент бакалаврату;
Леонтьєва В. В., канд. фіз.-мат. наук, доцент;
Кондрат'єва Н. О., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Запорізький національний університет

Пріоритетним напрямом сучасних системних досліджень постає обґрунтування механізмів прийняття рішень індивідуальними суб'єктами або автоматизованими комплексами в умовах дефіциту чітких даних, інтервальної невизначеності та