

IMPLEMENTATION OF OPTIMAL CONTROL SYSTEM APPARATUS FOR PROCESS OF BAKING YEAST GROWING

J. Samoilenko, V. Trehub

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
fermenter, optimal system, simulation, criteria of control, dynamic subsystem	The article deals with the manufacturing process of baking yeast growing is happening in fermenters cyclic manner with constant feeding. The development system optimal control apparatus of bakery yeast growing consists of two subsystems: subsystem of dynamic optimal growing process control and logic control subsystem duty cycle apparatus of bakery yeast growing. The first is based on the established mathematical model of biomass growth, covering all phases of the development process, characteristic cultivation periodic baking yeast. Evaluating the effectiveness of the system is done by simulation modeling process of growing yeast. This improves control actions are used to optimize the process leading to the implementation of one of the two criteria of control: minimizing cycle time or maximizing the output of yeast
Article history: Received 18.05.2016 Received in revised form 25.05.2016 Accepted 4.06.2016	
Corresponding author: juliya_liya@bigmir.net	

РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АПАРАТОМ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ДРІЖДЖІВ

Ю.О. Самойленко, В.Г. Трегуб

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто технологічний процес вирощування хлібопекарських дріжджів, що відбуваються в ферментерах циклічним способом при постійному підживленні. Розроблена система оптимального керування апаратом періодичної дії для вирощування хлібопекарських дріжджів складається з двох підсистем: динамічної підсистеми оптимального керування процесом вирощування і логічної підсистеми керування робочим циклом апарата. Оцінка ефективності функціонування системи здійснюється шляхом імітаційного моделювання процесу вирощування дріжджів, що дозволяє покращити керуючі дії, які використовуються для оптимізації процесу, що призводять до виконання одного із двох критеріїв керування: мінімізації тривалості циклу або максимізації виходу дріжджів.

Ключові слова: ферментер, оптимальна система, імітаційне моделювання, критерій керування, динамічна підсистема.

Вступ. В останні роки розвиток дріжджової промисловості полягає у вдосконаленості технологічних процесів, що дає змогу підвищити якість дріжджів та продуктивність апаратів. Процес вирощування хлібопекарських дріжджів вимагає підтримання основних факторів процесу відповідно до обраного технологічного регламенту, відхилення хоча б одного з них призводить до зниження генеративної активності дріжджів, що в свою чергу впливає на вихід їх біомаси.

Апарати періодичної дії (АПД), в яких відбуваються процеси з між фазними переходами (ПМФ) мають певні особливості, які роблять завдання їх оптимального управління доволі складним. При оптимальному керуванні АПД у разі, коли його продуктивність обмежує

продуктивність всього виробництва необхідно мінімізувати тривалість циклу АПД, а коли такого обмеження немає достатньо максимізувати питомий вихід готового продукту, враховуючи значну долю сировини у його собівартості. Тому розв'язання завдання з двома такими критеріями управління є актуальним [1, 2, 3].

Мета дослідження. Створити оптимальну систему керування апаратом для вирощування хлібопекарських дріжджів періодичної дії в залежності від виробничої ситуації, яка пов'язана з узгодженням роботи цього апарата з сепараційним відділенням.

Методи дослідження. Вибір оптимального технологічного режиму вирощування хлібопекарських дріжджів являється досить складною задачею. На даний момент, за допомогою сучасних математичних методів, що дозволяють досліджувати функціонування складних систем, можна відобразити вплив багатьох факторів та здійснити теоретичну оптимізацію мікробіологічного процесу. Але, досить велику роль відіграє складність процесу вирощування, що полягає у нелінійності моделей об'єкта та у наявності факторів, які важко математично описати [4, 5].

Розроблена система оптимального керування апаратом періодичної дії для вирощування хлібопекарських дріжджів (АВХД) складається з двох підсистем: динамічної підсистеми оптимального керування процесом вирощування і логічної підсистеми керування робочим циклом АВХД. Перша базується на створеній математичній моделі росту біомаси, що на відміну більшості існуючих охоплює всі фази розвитку процесу, характерні для періодичного вирощування хлібопекарських дріжджів. При вирішенні поставленої задачі враховувались також дві виробничі ситуації: перша, коли АВХД є «вузьким» місцем неперервного виробництва дріжджів і тому необхідно мінімізувати тривалість процесу, і друга, коли продуктивність АВХД достатня для узгодження його роботи з іншими технологічними комплексами виробництва і тому для зменшення технологічної складової собівартості необхідно максимізувати вихід продукту. Використання такого ситуаційного підходу робить систему багато ціллювою, більш ефективною і сприяє зменшенню втрат ресурсів та часу.

Для дослідження складних систем використовують імітаційне моделювання, в основі методології якого лежить системний аналіз. Воно дозволяє здійснити дослідження аналізованої системи, оцінити точність результатів моделювання та покращити якість керуючих дій. Використання імітаційного моделювання дозволяє приймати рішення в умовах невизначеності, а також враховувати важко формалізовані фактори. Імітаційне моделювання дозволяє враховувати властивості об'єкта у часі.

Результати і обговорення. На основі знань, отриманих під час моделювання за допомогою мови UML та за допомогою рівняння з нелінійною часовою складовою, що містить кінетичні параметри, які описують математичну модель апарата періодичної дії для процесу вирощування хлібопекарських дріжджів, можна визначити ефективність рекомендацій щодо вдосконалення системи, яка моделюється [6].

Оцінка ефективності функціонування системи у разі мінімізації тривалості процесу визначається шляхом імітаційного моделювання всього процесу вирощування дріжджів в апараті періодичної дії з експериментальними та оптимальним параметрами, що визначені за відповідним алгоритмом.

Результати моделювання динаміки зміни кількості накопичення біомаси, порівнюючи експериментальні та оптимальні значення, для мінімізації тривалості циклу наведені на рис. 1, рис. 2 та рис. 3.

Для рис. 1 оптимальні параметри: $t_n = 32$ °С, $pH_n = 4,2$ од. рН, $K_c = 45$ %, $t = 32$ °С, $pH = 5,0$ од. рН, $F_n = 10,5$ (м³/год)/(1м³ к.с.), $\theta_{opt} = 4,37$ год, $n_{opt} = 1,9721$, $\tau_{opt} = 10,2$ год. Тривалість процесу вирощування зменшується на 10 %.

Для рис. 2 оптимальні параметри: $t_n = 32$ °С, $pH_n = 4,2$ од. рН, $K_c = 45,4$ %, $t = 32$ °С, $pH = 5,0$ од. рН, $F_n = 14,5$ (м³/год)/(1м³ к.с.), $\theta_{opt} = 4,84$ год, $n_{opt} = 1,9$, $\tau_{opt} = 11$ год. Тривалість процесу вирощування зменшується на 8.3 %.

Для рис. 3 оптимальні параметри: $t_n = 32$ °С, $pH_n = 4,2$ од. рН, $K_c = 42,2$ %, $t = 34$ °С, $pH = 5,0$ од. рН, $F_n = 10,5$ (м³/год)/(1м³ к.с.), $\theta_{opt} = 4,75$ год, $n_{opt} = 1,71$, $\tau_{opt} = 11,2$ год. Тривалість процесу вирощування зменшується на 7 %.

Для імітаційного моделювання цієї задачі використаємо розроблений алгоритм максимізації виходу готового продукту в апараті періодичної дії для вирощування дріжджів. Щоб визначити ефективність функціонування системи у разі такого керування, змоделюємо весь процес вирощування дріжджів. Використовуємо регресійні залежності для кінетичних параметрів та обмеження, які накладаються на параметри процесу.

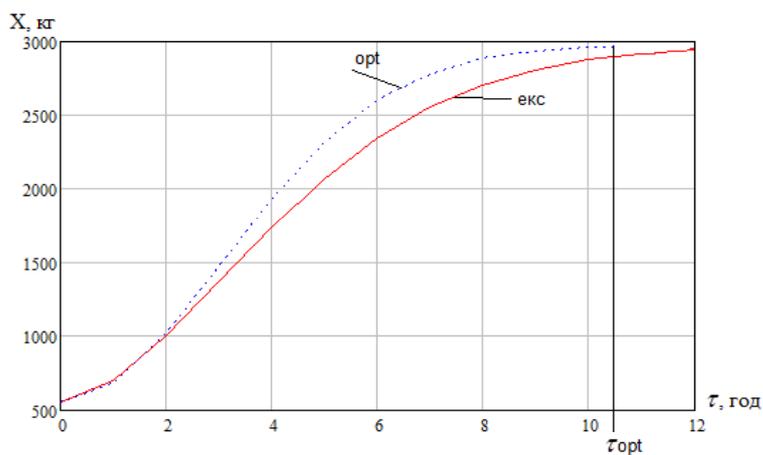


Рис. 1. Графіки залежностей кількості дріжджів X від часу вирощування τ для експериментальних та оптимальних значеннях

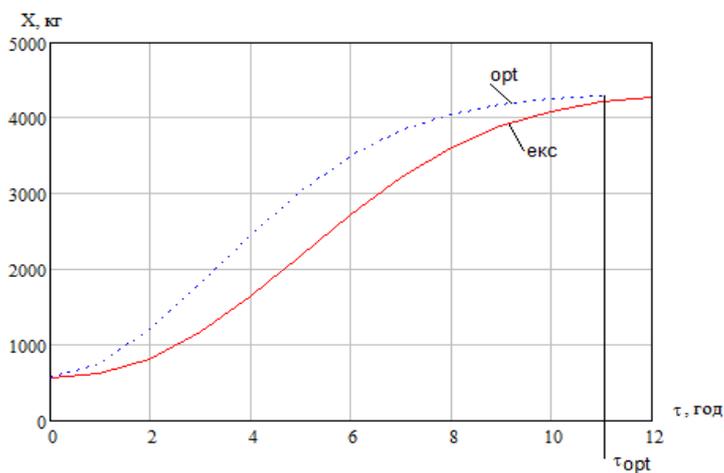


Рис. 2. Графіки залежностей кількості дріжджів X від часу вирощування τ для експериментальних та оптимальних значеннях

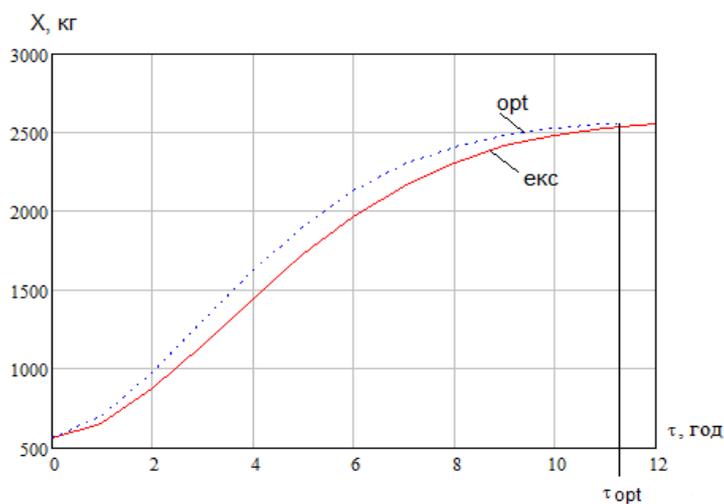


Рис. 3. Графіки залежностей кількості дріжджів X від часу вирощування τ для експериментальних та оптимальних значеннях

Враховуючи вище викладене, простежимо за допомогою імітаційного моделювання (рис. 4—7) динаміку зміни кількості накопичення біомаси внаслідок максимізації виходу продукту, порівнюючи експериментальні та оптимальні значення.

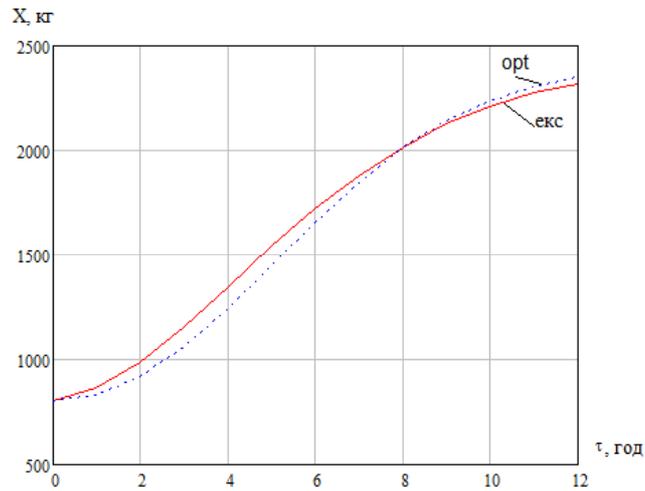


Рис. 4. Графіки залежностей кількості дріжджів X від часу вирощування τ для експериментальних та оптимальних значеннях

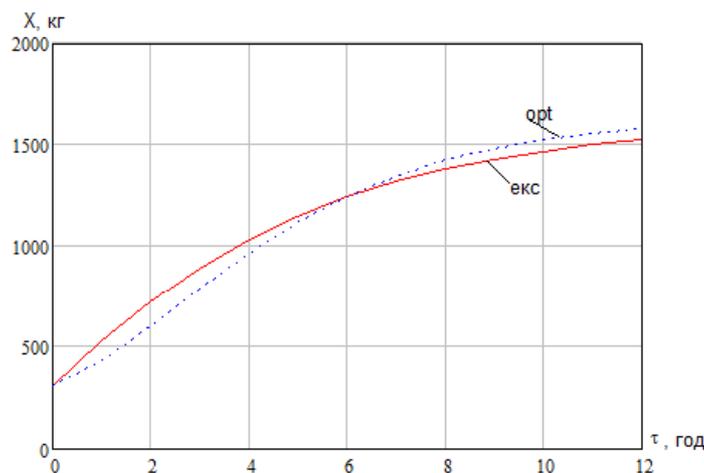


Рис. 5. Графіки залежностей кількості дріжджів X від часу вирощування τ для експериментальних та оптимальних значеннях

Для рис. 4 оптимальні параметри: $t_n = 32$ °С, $pH_n = 4.2$ од.рН, $K_c = 43$ %, $t = 30$ °С, $pH = 4.5$ од.рН, $F_n = 9.8$ (м³/год)/(1м³ к.с.), $\theta_{opt} = 6.84$ год, $n_{opt} = 2.14$, $(X/X_m)_{opt} = 0.976$. Вихід дріжджів збільшився на 2.33 %.

Для рис. 5 оптимальні параметри: $t_n = 32$ °С, $pH_n = 4.2$ од.рН, $K_c = 45$ %, $t = 32$ °С, $pH = 4.5$ од.рН, $F_n = 9.5$ (м³/год)/(1м³ к.с.), $\theta_{opt} = 5.14$ год, $n_{opt} = 1.45$, $(X/X_m)_{opt} = 0.96$. Вихід дріжджів збільшився на 2.5 %.

Для рис. 6 оптимальні параметри: $t_n = 32$ °С, $pH_n = 4.2$ од.рН, $K_c = 44.6$ %, $t = 30$ °С, $pH = 4.5$ од.рН, $F_n = 10.2$ (м³/год)/(1м³ к.с.), $\theta_{opt} = 6.86$ год, $n_{opt} = 2.53$, $(X/X_m)_{opt} = 0.989$. Вихід дріжджів збільшився на 5 %.

Для рис. 7 оптимальні параметри: $t_n = 32$ °С, $pH_n = 4.2$ од.рН, $K_c = 46.6$ %, $t = 30$ °С, $pH = 4.5$ од.рН, $F_n = 10.5$ (м³/год)/(1м³ к.с.), $\theta_{opt} = 5.87$ год, $n_{opt} = 1.76$, $(X/X_m)_{opt} = 0.977$. Вихід дріжджів збільшився на 1,2 %.

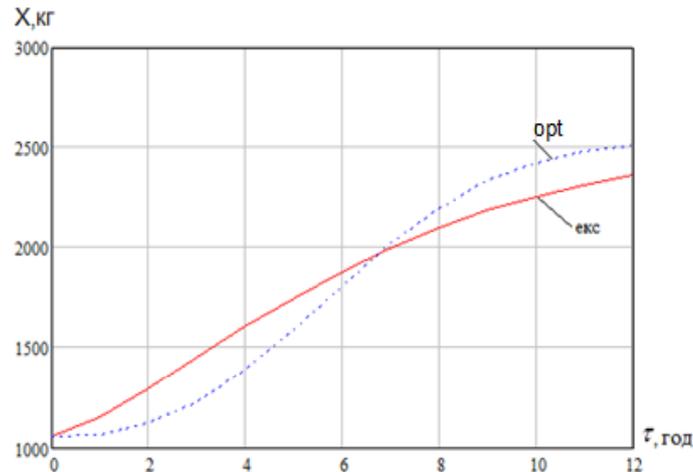


Рис. 6. Графіки залежностей кількості дріжджів X від часу вирощування τ для експериментальних та оптимальних значеннях

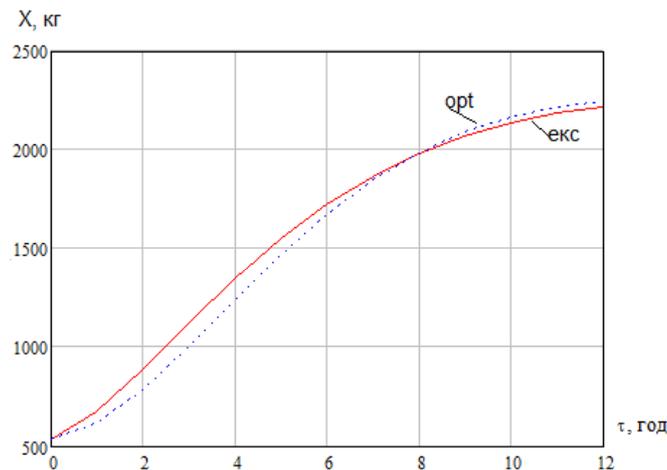


Рис. 7. Графіки залежностей кількості дріжджів X від часу вирощування τ для експериментальних та оптимальних значеннях

Виходячи з графіків, можна зробити висновок, що запропоновані нові значення технологічних параметрів протікання процесу призвели до покращення умов вирощування і загальне середнє значення збільшення виходу дріжджів становить 2,4 % в порівнянні з експериментальними даними, тривалість процесу вирощування дріжджів не перевищила 12 годин.

Висновки. Отже, за допомогою імітаційного моделювання доведена ефективність використання способу оптимального керування відповідно до виробничої ситуації для розв'язання задач мінімізації тривалості процесу вирощування дріжджів і максимізації виходу готового продукту. Використання способу оптимального керування апаратом для вирощування хлібопекарських дріжджів (АВХД) для розв'язання задачі мінімізації тривалості процесу зменшує тривалість стадій вирощування в середньому на 9 %, а цикл роботи апарата в середньому — на 6 %. Використання способу оптимального керування АВХД для розв'язання задачі максимізації виходу готового продукту збільшує вихід продукту в середньому на 2,4 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трегуб В.Г. Оптимальне керування періодичними процесами з міжфазними переходами / В.Г. Трегуб, Ю.О. Чорна // Східноєвропейський журнал передових технологій. — 2010. — № 6/4 (48). — С. 10—12.

2. Трегуб В.Г. Автоматизоване управління апаратами періодичної дії на харчових підприємствах / В.Г. Трегуб // Наукові праці НУХТ. — 2005. — № 16. — С. 143—145.

3. Плевако Е.А. Технология дрожжей / Е.А. Плевако. — М.: «Пищевая промышленность», 1970. — 300 с.

4. Гачок В.П. Кинетика биохимических процессов / В.П. Гачок. — К.: Наукова думка, 1988. — 224 с.

5. Ладанюк А.П. Іноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько та ін. — К.: «Центр учбової літератури», 2014. — 280 с.

6. Самойленко Ю.О. Моделювання і оптимальне керування періодичними процесами вирощування хлібопекарських дріжджів: дис. канд. техн. наук: 05.13.07: захищена 17.12.2015: затв. 25.02.2016 / Самойленко Юлія Олександрівна. — К.: НУХТ., 2015. — 137 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ДРОЖЖЕЙ

Ю.А. Самойленко, В.Г. Трегуб

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены технологический процесс выращивания хлебопекарных дрожжей, происходящих в ферментерах циклическим способом при постоянной подпитке. Разработанная система оптимального управления аппаратом периодического действия для выращивания хлебопекарных дрожжей состоит из двух подсистем: динамической подсистемы оптимального управления процессом выращивания и логической подсистемы управления рабочим циклом аппарата. Оценка эффективности функционирования системы осуществляется путем имитационного моделирования процесса выращивания дрожжей, позволяет улучшить управляющие действия, которые используются для оптимизации процесса, приводящих к выполнению одного из двух критериев управления: минимизации длительности цикла или максимизации выхода дрожжей.

Ключевые слова: ферментер, оптимальная система, имитационное моделирование, критерий управления, динамическая подсистема.