

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

# "ЕНЕРГЕТИКА І АВТОМАТИКА"

№ 3(29)

Київ - 2016

## **ЛОГІКО-ЛІНГВІСТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИРОЩУВАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ДРІЖДЖІВ**

*Ю. О. Самойленко, кандидат технічних наук*

*В. Г. Трезуб, доктор технічних наук*

*Національний університет харчових технологій*

*e-mail: juliya\_liya@bigmir.net*

**Анотація.** Підвищення ефективності технологічного процесу вирощування хлібопекарських дріжджів вимагає застосування сучасної системи управління з використанням нечіткої логіки та нейронних мереж. Використання логіко-лінгвістичної моделі дозволяє отримувати нові знання про складний технологічний процес, виявляти причинно-наслідкові зв'язки між факторами, що діють на об'єкт управління.

**Ключові слова:** нечітка логіка, нейронні мережі, лінгвістична апроксимація, гібридний метод, вирощування дріжджів

Сучасна теорія управління застосовується до широкого класу об'єктів, для яких розробляються системи автоматизації з властивостями самоорганізації, адаптації, оптимізації та інтелектуальності. Це стосується, в першу чергу, складних технологічних об'єктів, що функціонують в умовах невизначеності, до яких відносяться і дріжджовирощувальні апарати. 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 [1].

**Мета досліджень** - підвищення ефективності технологічного процесу вирощування хлібопекарських шляхом застосування сучасної системи

управління з використанням нечіткої логіки та нейронних мереж. Вона дозволяє замінити складну математичну модель процесу вирощування дріжджів на логіко-лінгвістичну модель управління цим процесом. Дана модель формується на основі досвідів операторів, технологів з використанням набору лінгвістичних правил, які важко описати за допомогою звичайних алгоритмів.

**Матеріали та методика досліджень.** Інноваційні методи управління складними біотехнологічними процесами, що функціонують в умовах невизначеності, використовують математичне моделювання, адаптивні системи, оптимізацію режимів функціонування, а також створюють такі системи автоматизованого управління, що дозволяють підтримувати оптимальний режим функціонування при відповідних обмеженнях, що накладаються на параметри процесу. Традиційні методи управління не враховують повністю всіх особливостей біотехнологічних процесів вирощування хлібопекарських дріжджів і потребують значних ресурсів, та направлені на стабілізацію основних технологічних параметрів процесу. В свою чергу, вони не забезпечують повністю своєчасне реагування на різноманітні виробничі ситуації, що можуть бути пов'язані із змінюванням якісних характеристик сировини, значним рівнем невизначеності процесу вирощування.

Використання інтелектуальної системи дозволяє отримувати нові знання, виявляти причинно-наслідкові зв'язки між факторами, що діють на об'єкт управління, при цьому не потребуючи точних знань про математичну модель. Для представлення знань процесу вирощування дріжджів використовують нечітку логіку, яка на основі створених нечітких логіко-лінгвістичних змінних дозволяє розробляти методи і алгоритми моделювання складним технологічним процесом в умовах невизначеності і неповної інформації. Використання нейронної мережі дозволяє перетворити потрібну нам інформацію необхідним чином та синтезувати інтелектуальну систему управління процесом вирощування дріжджів [2].

**Результати досліджень.** При створенні інтелектуальної системи управління періодичним процесом вирощування хлібопекарських дріжджів, виникає

необхідність ідентифікації об'єкта шляхом нечіткої апроксимації на основі використання апарату нейро-нечітких мереж.

Процес вирощування хлібопекарських дріжджів, що здійснюється за періодичним способом складається з наступних стадій: складки, накопичення, дозрівання, вивантаження та очищення. Основною є стадія накопичення. Процес характеризується такими показниками робочого циклу, як [3, 4]:

- тривалість процесу;
- вихід дріжджів, % до кількості використаної меляси з вмістом цукру 46%;
- середня питома швидкість росту дріжджів;
- зняття дріжджів за одиницю часу;
- коефіцієнт використання апарата;
- кількість меляси, засівних дріжджів і аерація повітря, м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>3</sup> культурального середовища;
- кратність розчинення меляси.

Змінними управління процесу вирощування хлібопекарських дріжджів являються:

- витрата розбавленого розчину меляси, яка забезпечує вуглеводне живлення дріжджів;
- витрата розчину живильних солей, який містить необхідну кількість азоту, фосфору, калію, магнію;
- витрата повітря для аерації культурального середовища.

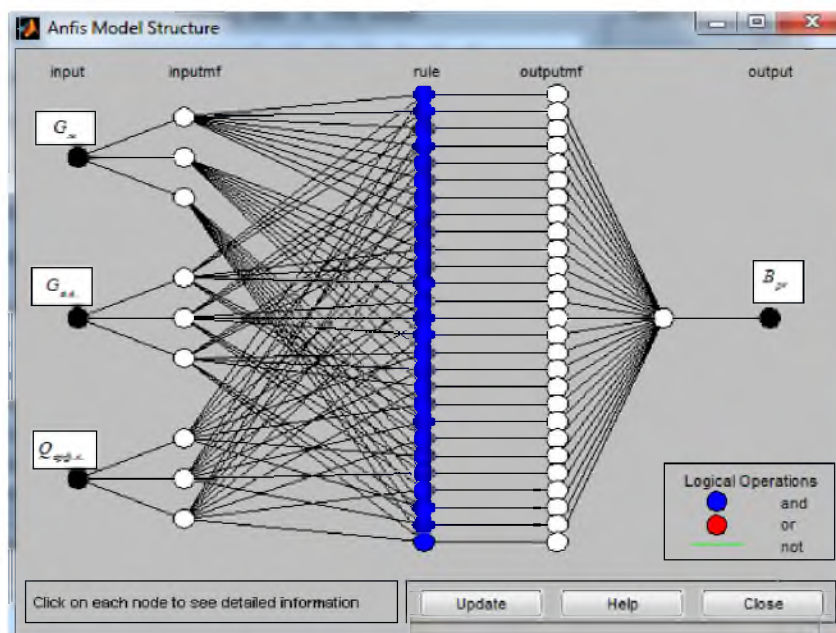
Представимо залежність зміни приросту біомаси щогодини від витрати меляси  $G_m$ , аміачної води  $G_{a.в.}$  та ортофосфорної кислоти  $Q_{орф.к.}$  у вигляді (1), оскільки вони забезпечують живлення дріжджів:

$$B_{pr} = f(G_m, G_{a.в.}, Q_{орф.к.}) \quad (1)$$

Для побудови нейро-нечіткої мережі процесу вирощування дріжджів використовується внутрішня підсистема середовища Matlab – підсистема розробки нейро – нечітких структур ANFIS. ANFIS - це аббревіатура Adaptive-

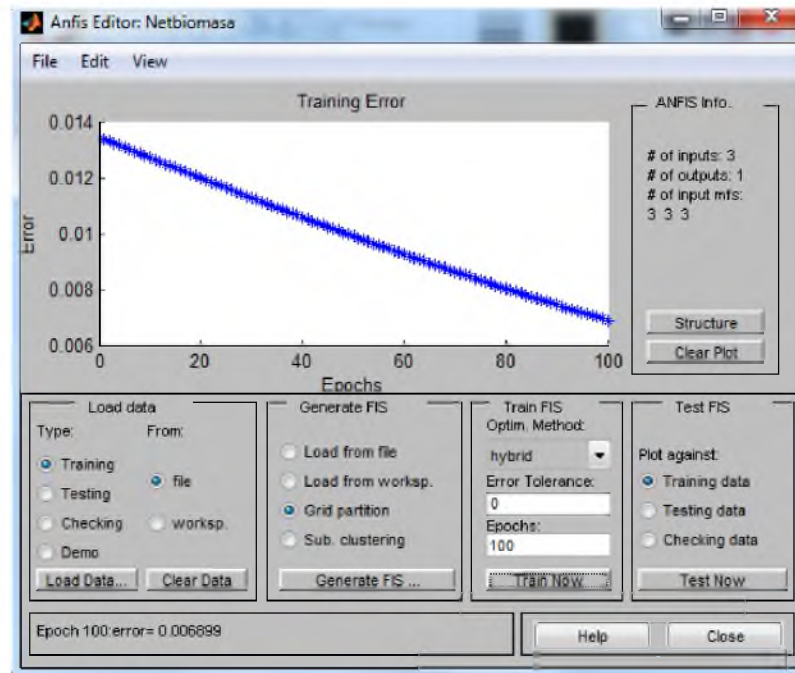
Network-Based Fuzzy Inference System - адаптивна мережа нечіткого висновку з єдиним виходом і декількома входами, що являють собою нечіткі лінгвістичні змінні, яка дозволяє автоматично синтезувати з експериментальних даних нейро-нечітку мережу, візуалізувати її структуру, за необхідності вносити зміни у її параметри, виконувати її навчання, при якому відхилення між результатами нечіткого моделювання й експериментальних даних мінімальне.

На основі статистичних вибірок експериментальних даних подачі відповідних компонентів та приросту дріжджів, які були отримані на дріжджовому заводі ПрАТ «Компанія Ензим», генеруємо структуру нейро-нечіткої мережі, яка відповідно до (1) має три входи та один вихід і показана на рис. 1. Згенерована структура має трикутні функції належності для входних параметрів, кожна з яких представлена трьома лінгвістичним термами.



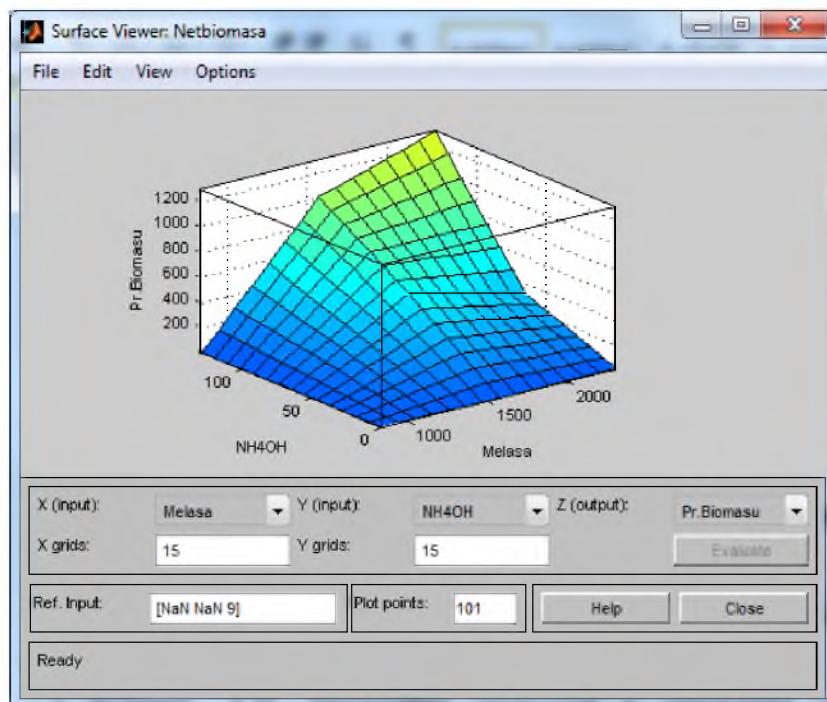
**Рис. 1. Структура нейро-нечіткої мережі процесу вирощування дріжджів**

Навчання нейрон-нечіткої мережі (ННМ) здійснювалося на основі гібридного методу, що поєднує в собі метод зворотного поширення похибки з методом найменших квадратів та має 100 циклів навчання, встановлене значення похибки навчання рівне нулю. Результати зміни похибки навчання ННМ відповідно до циклів показано на рис. 2.

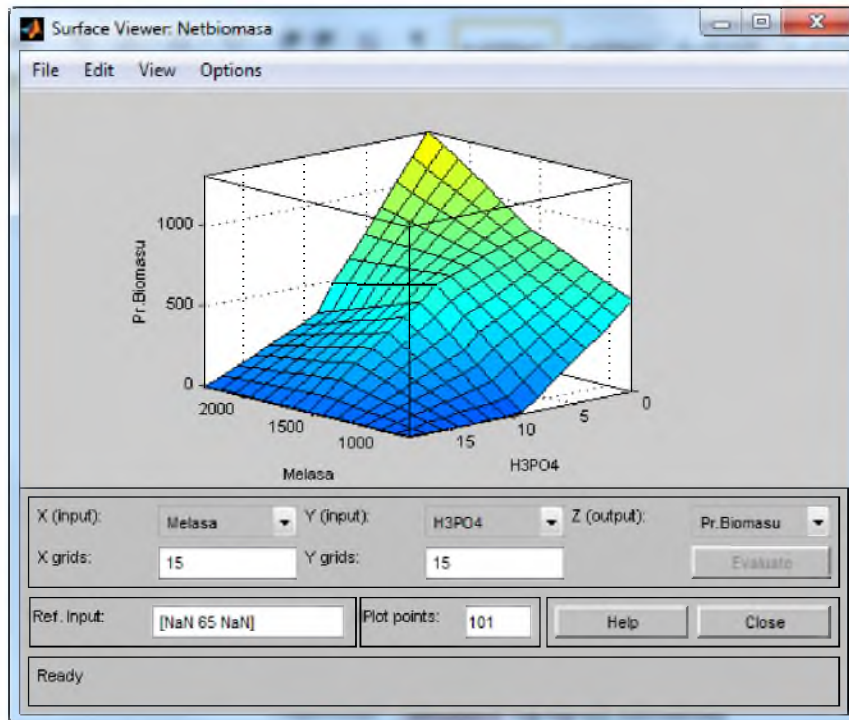


**Рис. 2. Зміна похибки навчання ННМ процесу вирощування дріжджів**

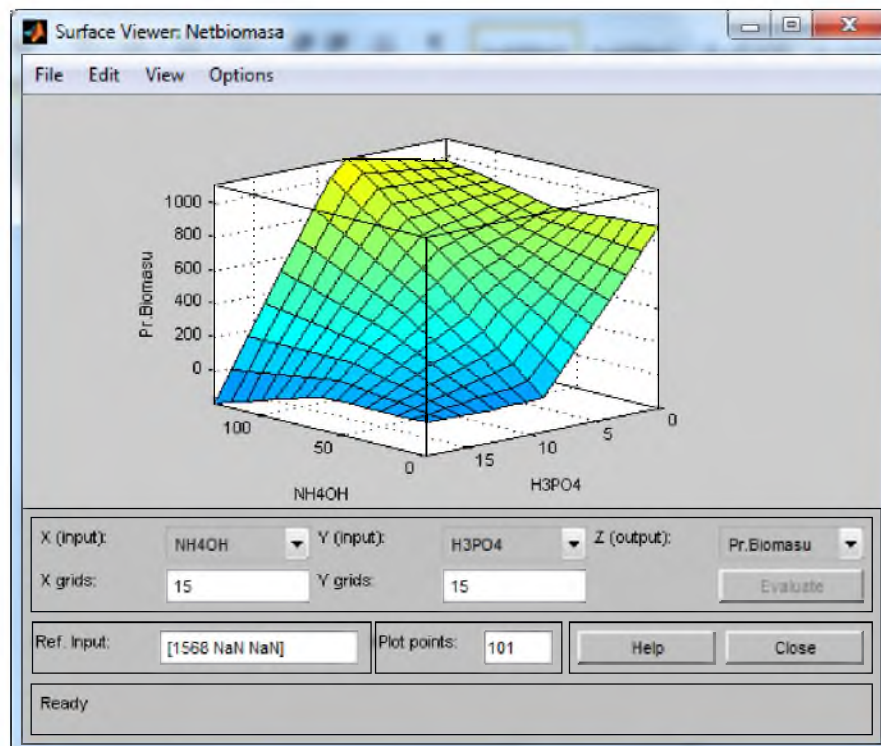
Після проведених навчань ННМ інтерпретована база знань відображається у вигляді поверхонь відгуків вихідного параметру від вхідних (рис. 3, 4, 5).



**Рис. 3. Графік залежностей приросту біомаси від витрати меляси та аміачної води**

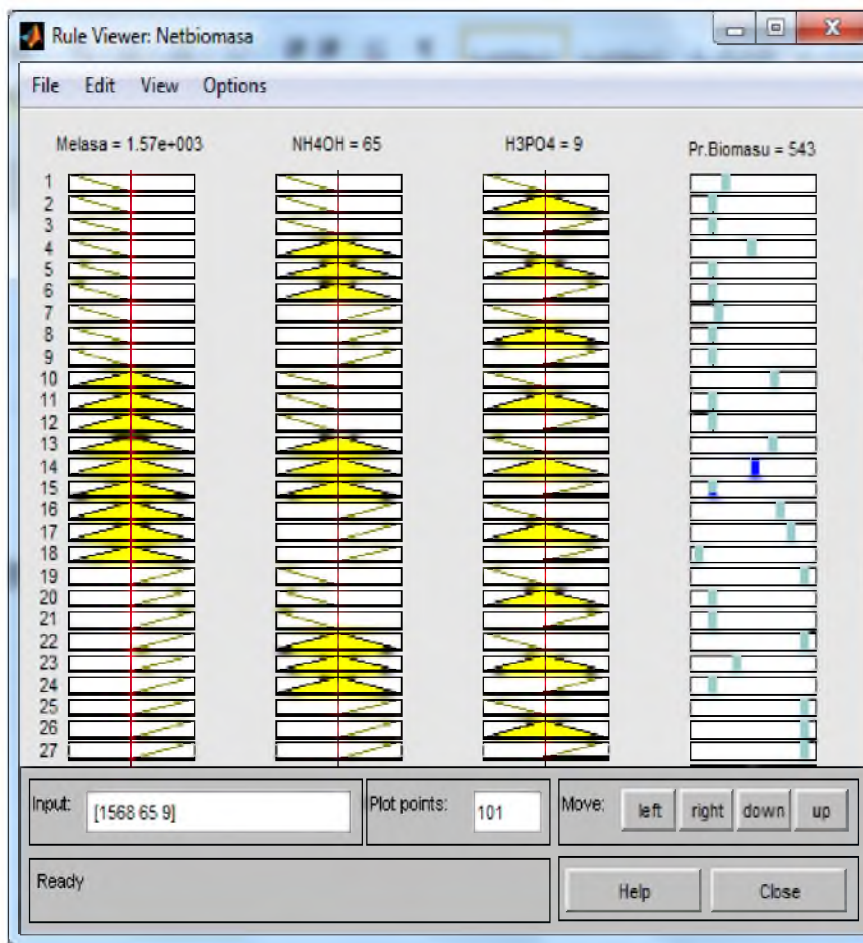


**Рис. 4. Графік залежностей приросту біомаси від витрати меляси та ортофосфорної кислоти**



**Рис. 5. Графік залежностей приросту біомаси від витрати аміачної води та ортофосфорної кислоти**

Аналіз адекватності побудованої ННМ процесу вирощування дріжджів здійснюється за допомогою перегляду правил відповідної системи нечіткого виводу (рис. 6).



**Рис. 6. Графічний інтерфейс правил згенерованої системи нечіткого виводу**

У вікні перегляду правил показується, як форма певних функцій належностей вхідних параметрів витрати меляси, аміачної води та ортофосфорної кислоти впливає на загальний результат приросту біомаси процесу.

### **Висновки**

Використання сучасних методів управління дозволило створити логіко-лінгвістичну модель процесу вирощування хлібопекарських дріжджів. Побудована нейро-нечітка мережа допомагає встановити основні залежності

між вхідними та вихідним параметрами процесу вирощування яка з використанням експериментальної статистики циклу роботи апарата дає можливість на основі отриманої бази знань формувати базу знань інтелектуальної системи управління.

### Список літератури

1. Самойленко Ю. О. Моделювання і оптимальне керування періодичними процесами вирощування хлібопекарських дріжджів: дис. кандидата техн. наук.: 05.13.07 / затв. 25.02.2016 / Юлія Олександрівна Самойленко. – К.: НУХТ, 2015. – 143 с.
2. Ладанюк А. П. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу / А. П. Ладанюк, В. М. Решетюк, В. Д. Кишенько, Я. В. Смітюх. – К.: «Центр учбової літератури», 2014. – 280 с.
3. Трегуб В. Г. Автоматизация периодических процессов в пищевой промышленности / В. Г. Трегуб. – К.: Техніка, 1982.
4. Плевако Е. А. Технология дрожжей / Е. А. Плевако. – М.: «Пищевая промышленность», 1970.

## ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

*Ю. О. Самойленко. В. Г. Трегуб*

**Аннотация.** *Повышение эффективности технологического процесса выращивания хлебопекарных дрожжей требует применения современной системы управления с использованием нечеткой логики и нейронных сетей. Использование логико-лингвистической модели позволяет получать новые знания о сложном технологическом процессе, выявлять причинно-следственные связи между факторами, действующими на объект управления.*

**Ключевые слова:** *нечеткая логика, нейронные сети, лингвистическая аппроксимация, гибридный метод, выращивания дрожжей*

## **LOGIC - LINGUISTIC MODEL OF GROWING BAKER'S YEAST**

*Y. Samoilenko, V. Tregub*

**Annotation.** *Improving the efficiency of the process of growing baker's yeast requires the use of modern management system using fuzzy logic and neural networks. Using logical and linguistic model allows to obtain new knowledge about the complicated process, identify causal relationships between factors acting on the object management.*

**Key words:** *fuzzy logic, neural networks, linguistic approximation, a hybrid method of growing yeast*