

## **ФОРМУВАННЯ ЗМІСТУ ДИСЦИПЛІНИ «МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ХАРЧОВОЇ ГАЛУЗІ»**

**Постановка проблеми.** Впровадження Болонського процесу в систему вищої освіти України, одним із головних положень якого є двоциклове навчання, вимагає від вищих навчальних закладів підготовки фахівців різних освітньо-кваліфікаційних рівнів: бакалавр, спеціаліст, магістр. До реформ у вищій школі здійснювалась підготовка фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “спеціаліст”. Професійна підготовка фахівців рівня “магістр” суттєво відрізняється від рівня “спеціаліст”. “Магістр” – це такий освітньо-кваліфікаційний рівень фахівця, який характеризується наявністю поглиблених спеціальних умінь та знань інноваційного, дослідницького характеру, має певний досвід їх застосування та продукування нових знань для вирішення проблемних професійних завдань у певній галузі”[1].

Розв’язання проблеми підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр” потребує перш за все ретельного визначення змісту дисциплін. Однією з таких є дисципліна “Моделювання технологічних процесів харчової галузі” для спеціальності “8.0101020. Професійне навчання. Технологія харчової промисловості та організація громадського харчування”.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема професійної підготовки фахівців із математичного моделювання технологічних процесів харчової галузі присвячено праці науковців Алексєєва М.Г. [2], Остапчука І.В. [3], Фоміна М.Г. [4], Дуднікова Є.Г. [5], Зарубіна В.С. [6]. Автори розглядають фізичні, хімічні та біохімічні процеси, пропонують математичні моделі, що їх описують. Але основним недоліком цих праць є недостатня практична спрямованість змісту на використання математичних моделей технологічних процесів в умовах інноваційної перебудови харчової галузі.

**Постановка завдання.** Метою цієї статті є формування змісту дисципліни “Моделювання технологічних процесів харчової галузі” для спеціальності “8.0101020. Професійне навчання. Технологія харчової промисловості та організація громадського харчування”, який би відображав інноваційний характер сучасного розвитку харчової галузі.

**Виклад основного матеріалу.** Як метод наукового дослідження, математичне моделювання засновано на пізнанні процесів, що вивчаються, за допомогою математичної моделі. Головними задачами моделювання є [3, 5]:

- 1) оптимальне проектування нових та інтенсифікація діючих технологічних процесів;
- 2) отримання необхідної інформації та її обробка з метою контролю та регулювання технологічним процесом;
- 3) максимальне прискорення переносу результатів лабораторних досліджень в масштаби виробництва.

Вивчення об’єкту чи технологічного процесу здійснюється за допомогою моделі, що базується на математичній подібності. До математичної моделі висувають наступні вимоги [2, 6]:

- вона повинна найбільш повно відтворювати ті якості об'єкту чи процесу, що вивчаються;
- забезпечувати співпадання реальних та знайдених результатів обчислювальних експериментів;
- бути простішою та зручнішою для вивчення;
- бути економічною в плані затрат на обчислювальні ресурси.

Математичне моделювання об'єкту чи процесу, що вивчається, здійснюється в декілька етапів [2]:

- 1) складання моделі;
- 2) пошук рішення моделі;
- 3) перевірка адекватності моделі процесу, що вивчається.

На етапі складання моделі визначаються зв'язки між параметрами, додаткові умови та формалізується процес у вигляді системи математичних відношень, що характеризують об'єкт чи процес, який вивчається. На наступному етапі здійснюється пошук рішень. Можна отримати як точне аналітичне рішення моделі, так і приблизне. Це залежить від параметрів, початкових умов та факторів, що впливають на об'єкт чи процес. Перевіркою адекватності моделі процесу, що вивчається, встановлюється відповідність результатів рішення моделі досліджую чому процесу чи об'єкту.

У харчовій галузі здійснюються такі види технологічних процесів [7]:

- механічні;
- фізичні;
- хімічні;
- біохімічні.

Ці процеси можна спостерігати як у окремо визначеного об'єкту (наприклад, засолення риби – це складний масообмінний та біохімічний процес), так і сукупності об'єктів (процес випікання хліба в печі, сушіння зерна в розпилювальній сушарці). Тоді й складання моделі буде залежати від того, який об'єкт – простий чи складний. У цих умовах від студента-магістра залежить, як глибоко він розуміє процеси, що здійснюються в об'єкті, та чи достатній у нього рівень знань із таких дисциплін, як: “Вища математика”, “Інформаційні комп'ютерні технології в галузі”, “Харчові технології”, “Технологія виробництва продукції громадського харчування”, “Процеси та апарати харчових виробництв”. Аналіз цих дисциплін показав, що зміст курсу “Моделювання технологічних процесів харчової галузі” складається з математичної, предметної та інформаційно-комп'ютерної складових.

Із педагогічного спостереження за рівнем сформованості знань та умінь студентів відомо, що найбільшу складність у розумінні виявляє дисципліна “Вища математика”. Це пов'язано з формуванням умінь вирішувати та аналізувати складні лінійні, нелінійні, диференційні рівняння.

Кращий стан засвоєння виявлено для інших дисциплін. Сформовані знання та уміння суттєво впливають на процес засвоєння дисципліни “Моделювання технологічних процесів харчової галузі”. Завдяки використанню програмованих пакетів MathCad, Matlab, Maple розв'язання навіть дуже складних рівнянь здійснюється достатньо легко, незважаючи на недоліки засвоєння студентами курсу вищої математики. Це дозволяє більше уваги

приділяти саме аналізу технологічного процесу, що вивчається, а не розв'язанню математичних рівнянь.

Розглянемо конкретні приклади використання математичного моделювання процесів харчової галузі. Так, з дисципліни “Харчові технології” студентам відомо, що при виготовленні молочних продуктів складають суміші з двох і більше видів сировини, витримуючи певне співвідношення цих складових. Розраховують складові частини суміші шляхом розв'язання системи алгебраїчних рівнянь, які є рівняннями загального матеріального і покомпонентного матеріального балансів. Ця система може складатися з двох, трьох та більше рівнянь в залежності від кількості необхідних компонентів. Якщо система складається з двох рівнянь, то її легко розв'язати. Але, якщо система складається з трьох чи більше рівнянь, то розв'язання її ускладнюється. Таку задачу легко розв'язати, якщо скласти математичну модель та провести розрахунок в пакеті MathCad.

Наприклад [7], необхідно скласти 100 кг суміші, яка містила б 30% жиру і 60% сухих речовин з:

- твердого сиру  $G_1$ , що містить 24 % жиру та 60% сухих речовин;
- знежиреного твердого сиру  $G_2$ , що містить 1 % жиру та 42% сухих речовин;
- масла  $G_3$ , що містить 82 % жиру та 84% сухих речовин (табл.).

Таблиця

Склад харчової суміші

	Складові суміші	Жир, %	Сухі речовини, %	Вага, кг
	Твердий сир	24	60	$G_1$
	Знежирений твердий сир	1	42	$G_2$
	Масло	82	84	$G_3$
	<b>Суміш</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

Для розв'язання цієї задачі необхідно скласти рівняння матеріального балансу, які будуть мати вигляд системи лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} 24 \cdot G_1 + 1 \cdot G_2 + 82 \cdot G_3 = 30 \cdot 100 \\ 60 \cdot G_1 + 42 \cdot G_2 + 84 \cdot G_3 = 60 \cdot 100 \\ G_1 + G_2 + G_3 = 100 \end{cases}$$

Розв'язання цієї системи рівнянь проведемо з використанням матриць. Рішення буде мати вигляд:

Маса суміші  $M:=100$

ORIGIN:=1

Матриця коефіцієнтів математичної моделі

$$A := \begin{bmatrix} 24 & 1 & 82 \\ 60 & 42 & 84 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Вектор правих частин математичної моделі

$$B := \begin{bmatrix} 30 \cdot M \\ 60 \cdot M \\ 1 \cdot M \end{bmatrix}$$

Рішення математичної моделі

X:=lsolve (A,B)

Результати рішення

$$X := \begin{bmatrix} 48,8 \\ 29,3 \\ 21,9 \end{bmatrix}$$

Перевірка правильності рішення

$$48,8+29,3+21,9=100$$

Цей алгоритм можна використовувати для задач розрахунку раціону харчування з урахуванням калорій, розрахунку транспортних задач, задач по визначенню вартості готової продукції [8].

Розглянемо розв'язання нелінійних алгебраїчних та трансцендентних рівнянь. Наприклад, при спостереженні за зростанням кількості осіб мікроорганізмів в популяції відома залежність її зростання у часі:

$$y(t) = y_0 \cdot \frac{h}{(h - y_0) \cdot e^{-E \cdot t} + y_0}$$

де  $h$  – максимальна кількість осіб мікроорганізмів  $h = 8 \cdot 10^6$ ;

$y_0$  – початкова кількість осіб мікроорганізмів  $y_0 = 5$ ;

$E$  – ступінь виживання осіб  $E = 1,5$ .

Необхідно визначити час, за який популяція збільшиться до  $3 \cdot 10^6$  осіб мікроорганізмів. Для розв'язання цієї задачі складають математичну модель та вирішують, користуючись блоком Given – Find. Розв'язання буде мати такий вигляд:

Вихідні дані:

$$K := 3 \cdot 10^6 \quad y_0 := 5 \quad h := 8 \cdot 10^6 \quad E := 1,5$$

$$y(t) := y_0 \cdot \frac{h}{(h - y_0) \cdot e^{-E \cdot t} + y_0} - K$$

Функція:

$$\text{Визначення інтервалу ізоляції кореня: } y(0) = -25 \quad y(1) = -11,596 \quad y(2) = 15,798$$

$$\text{Початкове приближення кореня: } t := 1,5$$

Розв'язання

Given

$$y(t) = 0$$

$$a := \text{find}(x)$$

$$\text{Відповідь: } a = 1,46$$

Більшість технологічних процесів харчової галузі записується у вигляді диференціальних рівнянь, розв'язання яких спрощується при використанні таких числових методів, як метод Ейлера та Рунге-Кутта. Прикладом такого процесу є моделювання

процесу зміни кількості кисломолочних бактерій при виготовленні йогуртової маси, яке описується диференціальним рівнянням:

$$\frac{dB}{dt} = a \cdot B^2 - c \cdot B$$

де  $B$  – кількість кисломолочних бактерій;  
 $a$  – коефіцієнт, який залежить від середнього періоду генерації;  
 $c$  – коефіцієнт, який враховує смертність бактерій;  
 $t$  – час.

Математична модель та її розв'язання має вигляд:

Вихідні дані:

$$BS := 2 \cdot 10^6$$

$$a := 2,2$$

$$c := 0,002$$

$$\text{Кількість кроків розрахунку } N := 2400$$

$$\text{Функція } F(B) := a \cdot B^2 - c \cdot B$$

Початкові значення

$$\begin{bmatrix} t_0 \\ B_0 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 0 \\ BS \end{bmatrix}$$

Розрахунок процесу зміни кількості кисломолочних бактерій

$$i := 0 \dots N-1$$

$$\begin{bmatrix} t_{i+1} \\ B_{i+1} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} t_i + 1 \\ B_i + h \cdot F(B_i) \end{bmatrix}$$

Графічне представлення рішення:



За рахунок графічного відображення процесу зміни кількості кисломолочних бактерій можна легко аналізувати процес та регулювати зростання колонії бактерій у часі.

Слід відзначити, що саме диференціальні залежності мають процеси масо- та теплопереносу, сушіння, фільтрації та багатьох інших. Формування практичних умінь розв'язання рівнянь завдяки побудові математичних моделей технологічних процесів, що вивчаються, є важливим у науковій діяльності магістрів.

Наведені приклади математичних моделей є базовими у змісті дисципліни, на їх основі розроблено достатньо велику кількість похідних завдань, використання яких

дозволяє сформувати як навички репродуктивної діяльності, так і творчої інноваційної діяльності майбутніх фахівців.

**Висновки.** Визначено, що зміст дисципліни “Моделювання технологічних процесів харчової галузі” для спеціальності “8.010104. Професійне навчання. Технологія харчових виробництв та організація громадського харчування” є трискладовим та складається з математичної, предметної та інформаційно-комп’ютерної частин, базується на знаннях та вміннях, що сформовані на попередніх курсах, та систематизує їх для подальшої науково-творчої діяльності майбутніх фахівців харчової галузі.

**Подальшого дослідження** потребує розробка методів та форм навчання дисципліні “Моделювання технологічних процесів харчової галузі” в умовах застосування сучасних комп’ютерних програм математичного моделювання.

### **Література**

1. Слепкань З.І. Наукові засади педагогічного процесу у вищій школі. – К.: Вища школа, 2005. – 239 с.
2. Алексеев М.Г. Моделирование и оптимизация технологических процессов в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1987. – 343 с.
3. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств. – К.: Вища школа, 1991. – 246 с.
4. Фомин Н.Г. Моделирование технологических процессов пищевой промышленности. – Воронеж, 1977. – 128 с.
5. Дудников Е.Г. Построение математических моделей химико-технологических объектов. – М.: Химия, 1970. – 312 с.
6. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2003. – 496 с.
7. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЯНКО П.О., ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ У ПРИКЛАДАХ І ЗАДАЧАХ. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 496 с.
8. Лазарев Н.И., Вельма С.В. Практикум по информационным технологиям в фармации. – Х.: Изд-во НФАУ: Золотые страницы, 2002, – 264 с.

### ***Лазарева Т.А.***

*Формирование содержания дисциплины “Моделирование технологических процессов пищевой отрасли”*

В статье рассмотрено содержание дисциплины “Моделирование технологических процессов пищевой отрасли”, проанализированы основные составляющие содержания, предложены математические модели и их решения. Выявлено, что формирование практических умений у магистров оказывает существенное влияние на их дальнейшую научно-творческую деятельность.

### ***Лазарева Т.А.***

*Формування змісту дисципліни «Моделювання технологічних процесів харчової галузі»*

У статті розглянуто зміст дисципліни “Моделювання технологічних процесів харчової галузі”, проведено аналіз основних складових змісту, запропоновано математичні моделі та їх рішення. Визначено, що формування практичних умінь у магістрів суттєво

впливає на їх подальшу науково-творчу діяльність.

***T. Lazareva***

*Contents Structure of Discipline “Modelling Technological Processes in Food Industry”*

The article deals with the contents structure of the discipline “Modelling Technological Processes in Food Industry”, the basic contents components are analysed, mathematical models and ways of their solving are suggested. It has been revealed that formation of practical skills in Masters has a great impact on their future scientific and creative activities.

*Стаття надійшла до редакції 30.05.2008р.*