

---

УДК 339.138+330+082

ББК 94

Z 40

Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour»

Druk i oprawa: Sp. z o.o. «Diamond trading tour»

Adres wydawcy i redakcji: Warszawa, ul. Wyszogrodzka, 16

e-mail: info@conferenc.pl

Cena (zł.): bezpłatnie

**Zbiór raportów naukowych.**

Z 40 Zbiór raportów naukowych. „Science - od teorii do praktyki”. (29.03.2013 - 31.03.2013 ) - Sopot: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2013. - 88 str.

**ISBN: 978-83-63620-96-7 (t.8)**

Zbiór raportów naukowych. Wykonane na materiałach Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej Konferencji 29.03.2013 - 31.03.2013 roku. Sopot.

Część 8 .

**УДК 339.138+330+082**

**ББК 94**

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Powielanie i kopiowanie materiałów bez zgody autora zakazany.

Wszelkie prawa do materiałów konferencji należą do ich autorów.

Pisownia oryginalna jest zachowana.

Wszelkie prawa do materiałów w formie elektronicznej opublikowanych w zbiorach należą Sp. z o.o. «Diamond trading tour».

Obowiązkowa odniesienia do zbioru.

ISBN: 978-83-63620-96-7 (t.8)

"Diamond trading tour" ©

SPIS /СОДЕРЖАНИЕ

**СЕКЦЈА 16. AGROTECHNOLOGIA.  
(СЕЛЬСКОХОЗЈАЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

1. Зеленянская Н.Н. ....	5
<b>ТЕХНОЛОГИЯ УСКОРЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ВИНОГРАДА</b>	
2. Плотникова Г.П., Плотников Н.П. ....	10
<b>ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫЕ ПЛИТЫ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ СВЯЗУЮЩЕМ</b>	

**СЕКЦЈА 18. ТЕСНІКА.  
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

3. Н. Равшанов, Н.М. Курбонов, Д. Ахмедов .....	14
<b>МОДЕЛЬ И ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ</b>	
4. Н. Равшанов, Б. Палванов.....	19
<b>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ И ЕЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ</b>	
5. Н. Равшанов, Н.М. Курбонов, Д. Ахмедов .....	23
<b>МОДЕЛЬ И ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ</b>	
6. Седих О.Л., Маковецька С.В.....	28
<b>ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЕХСЕЛ НА ПРИКЛАДІ РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУР ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ»</b>	
7. Казаков А.В., Жуков И.В.....	34
<b>КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПО МОДЕЛИ ВИРТУАЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА</b>	
8. Кузенкова К. І. ....	38
<b>РОЗРОБКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕЛКТРОННОГО ЦИФРОВОГО ПІДПІСУ В УКРАЇНІ</b>	
9. Кошова В.М., Ліннік О.М.....	40
<b>ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ</b>	
10. Цвік М.О.....	45
<b>ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕПРАЦЕСПРОМОЖНОСТІ КОМП'ЮТЕРА</b>	
11. Дробот В.І., Бондаренко Ю.В., Місечко Н.О. ....	47
<b>ФРУКТОЗА ТА ЛАКТУЛОЗА – ПЕРСПЕКТИВНІ ЦУКРОЗАМІННИКИ У ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ</b>	

СЕКЦЈА 21. ФИЗИКИ I МАТЕМАТИКИ.  
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ)

12. Шевцов А.Н., Айтказина А.М., Абдрахимова А.Н.....	55
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ЛЯПУНОВУ НА MAPLE	
13. Шевцов А.Н., Айтказина А.М., Абдрахимова А.Н. ....	65
ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЯПУНОВА	
14. Шевцов А.Н., Жунибеков С. ....	70
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА DELPHI	
15. Шевцов А.Н., Жунибеков С. ....	76
КОМПЬЮТЕРНОЕ РЕШЕНИЕ И АНАЛИЗ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА	



$$\left. \frac{\partial P^2(x, y, t)}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0; \quad (3)$$

$$\oint \frac{k}{\mu} b \cdot \frac{\partial P(x, y, t)}{\partial n} ds = cQ_v. \quad (4)$$

Здесь  $P$  – давление газа,  $Q$  – объемный расход (при атмосферном давлении) на скважинах,  $k, \mu$  – соответственно коэффициент фильтрации и вязкости газа,  $m$  – пористость,  $P_a$  – атмосферное давление,  $\rho$  – плотность,  $b$  – мощность пласта.

Из постановки задачи следует, что аналитическое решение получить невозможно. Поэтому для ее решения используем конечно-разностный метод и получаем трех- или пятидиагональные системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) высокого порядка с одной и той же матрицей коэффициентов, но с различными правыми частями. При этом в зависимости от области фильтрации субстанции и шага интегрирования по пространственным переменным порядок формирующихся матриц может варьировать от сотен до миллионов. В случае большой размерности системы решение таких задач закономерно требует значительных вычислительных ресурсов. Поэтому для решения данной задачи разработан эффективный параллельный вычислительный алгоритм.

**Материалы и методы.** Заменяем дифференциальные операторы в уравнении на конечно-разностную консервативную схему. Для этого введем равномерную сетку по  $x$  и  $y$ :

$$L = N \cdot \Delta x; \quad \Delta x^* = \frac{\Delta x}{L_x} = \frac{1}{N}; \quad \Delta y^* = \frac{\Delta y}{L_y} = \frac{1}{M}, \text{ если} \\ \Delta x \neq \Delta y$$

И, используя схему продольно-поперечного направления по направлениям,  $Oy_i$  и линеаризуя нелинейные члены конечно-разностного уравнения, получаем [1-2]:

$$\eta_1 P_{i+1,j}^{(k+0,5)} - \eta_2 P_{i,j}^{(k+0,5)} + \eta_3 P_{i-1,j}^{(k+0,5)} = P_{i+1,j}^{2(s)} - \left( 2 + \frac{\gamma_1}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \right) P_{i,j}^{2(s)} + P_{i-1,j}^{2(s)} + \\ + \left( L_1 \bar{P}_{i,j}^{2(k)} + \gamma_1 \frac{\bar{P}_{i,j}^{2(k)}}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \pm \delta_{i,j} Q_v \right), \quad (5)$$

где

$$\eta_1 = 2P_{i+1,j}^{(s)}; \quad \eta_2 = 2P_{i,j}^{(s)} \left( 2 + \frac{\gamma_1}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \right); \quad \eta_3 = 2P_{i-1,j}^{(s)}; \quad \gamma_1 = \frac{\Delta x^2}{\Delta t};$$

$$L_1 \bar{P}_{i,j}^{2(k)} = \left( \bar{P}_{i,j+1}^{2(k)} - 2\bar{P}_{i,j}^{2(k)} + \bar{P}_{i,j-1}^{2(k)} \right); \quad i=1 \bar{N}, \quad j=1 \bar{J}.$$

Группируя все члены уравнения (5), получаем

$$a_i P_{i+1,j}^{(k+0,5)} - b_i P_{i,j}^{(k+0,5)} + c_i P_{i-1,j}^{(k+0,5)} = d_i. \quad (6)$$

Здесь

$$a_i = \eta_1; \quad b_i = \eta_2; \quad c_i = \eta_3;$$

$$d_i = \left( L_1 \bar{P}_{i,j}^{2(k)} + \gamma_1 \frac{\bar{P}_{i,j}^{2(k)}}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \pm \delta_{i,j} Q_\nu \right) + P_{i+1,j}^{2(s)} - \left( 2 + \frac{\gamma_1}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \right) P_{i,j}^{2(s)} + P_{i-1,j}^{2(s)}.$$

В конечном итоге имеем систему алгебраических уравнений

$$\dot{A} x = \dot{b} \quad (7)$$

где  $\dot{A}_1$  - трехдиагональная матрица размерностью  $(N * I)$ ,  $\dot{b}_1$  - вектор размерностью  $I$ .

Применяя указанную выше процедуру по направлению оси  $0y$ , получаем

$$\bar{a}_j P_{i,j+1}^{(k+1)} - \bar{b}_j P_{i,j}^{(k+1)} + \bar{c}_j P_{i,j-1}^{(k+1)} = \bar{d}_j;$$

здесь

$$\bar{a}_j = 2P_{i,j+1}^{(s)}; \quad \bar{b}_j = 2P_{i,j}^{(s)} \left( 2 + \frac{\gamma_2}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+1)}} \right); \quad \bar{c}_j = 2P_{i,j-1}^{(s)}; \quad \gamma_2 = \frac{\Delta y^2}{\Delta t};$$

$$\bar{d}_j = \left( L_2 \bar{P}_{i,j}^{2(k+0,5)} + \gamma_2 \frac{\bar{P}_{i,j}^{2(k+0,5)}}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+1)}} \pm \delta_{i,j} Q_\nu \right) + P_{i,j+1}^{2(s)} - \left( 2 + \frac{\gamma_2}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+1)}} \right) P_{i,j}^{2(s)} + P_{i,j-1}^{2(s)}.$$

$$L_2 \bar{P}_{i,j}^{2(k+0,5)} = \left( \bar{P}_{i+1,j}^{2(k+0,5)} - 2\bar{P}_{i,j}^{2(k+0,5)} + \bar{P}_{i-1,j}^{2(k+0,5)} \right).$$

Окончательно получаем систему алгебраических уравнений

$$\dot{A}_2 x = \vec{b}_2. \quad (8)$$

Здесь  $\dot{A}_2$  - трехдиагональная матрица размерностью  $(M * J)$ ,  $\vec{b}_2$  -

вектор размерностью  $J$ .

Отметим, что большинство алгоритмов решения подобных задач, представляет собой комбинацию фрагментов с различной степенью параллелизма. Таким образом, в данной работе, как и в большинстве случаев, программная реализация алгоритма является попеременно последовательно-параллельной. В коде программы распараллеливанию подвергается наиболее ресурсоёмкий участок, в данном случае – решение СЛАУ. Решение СЛАУ осуществляется методом Гаусса. Сама программа реализована на языке Java с использованием библиотеки FastMPJ [3], соответствующей спецификации API mpiJava 1.2 [4].

Исходная матрица коэффициентов распределяется по  $p$  процессам циклическими горизонтальными полосами с шириной полосы в одну строку. В процессе под номером  $pid$  располагаются строки с номерами  $pid$ ,  $pid + p$ ,  $pid + 2p$  и т.д.. Такая строчно-циклическая схема подразумевает изменение на единицу номера процесса при переходе от строки к следующей строке. Применение данной схемы решает проблему балансировки вычислительной нагрузки. Этим достигается примерно одинаковый объём вычислений на каждом процессоре и устраняются простои в отличие, например, от последовательно-строчной схемы, когда при одинаковом распределении данных каждая последующая вычислительная итерация увеличивает число простаивающих процессов [5].

Параллельный алгоритм решения СЛАУ методом Гаусса делится на два этапа [6]. На первом этапе выполняется прямой ход метода Гаусса, где осуществляется  $(n-1)$  итерация по исключению неизвестных для преобразования матрицы коэффициентов к верхнему треугольному виду.

Выполнение итерации  $i$ ,  $0 \leq i < n-1$ , прямого хода метода Гаусса включает ряд действий. В самом начале итерации выбирается ведущая строка, которая при использовании метода главных элементов определяется поиском строки с наибольшим по абсолютной величине значением среди элементов столбца  $i$ , соответствующим исключаемой переменной  $x_i$ . Так как строки матрицы распределены по процессам, то для поиска максимального значения процессов с номерами  $pid > i$ , они обмениваются своими элементами при исключаемой переменной  $x_i$ . После сбора всех необходимых данных в каждом процессе может быть определено, какой из них содержит ведущую строку и какое значение является ведущим элементом.

Далее для продолжения вычислений «ведущий» процесс рассылает свою строку матрицы и соответствующую часть вектора  $b$  всем остальным процессам

с номерами  $pid > i$ . Получив ведущую строку, подзадачи выполняют вычитание строк путём элементарных преобразований, обеспечивая тем самым исключение соответствующей неизвестной  $x_i$ .

При выполнении обратного хода метода Гаусса процессы выполняют необходимые вычисления для нахождения значения неизвестных. Как только какой-либо процесс  $i$ ,  $0 \leq i < n-1$ , определяет значение своей переменной  $x_i$ , это значение рассылается всем процессам с номерами  $pid < i$ . Далее процессы подставляют полученное значение новой неизвестной и выполняют корректировку значений для элементов вектора  $b$ .

**Выводы.** Тестирование алгоритма проводилось на кластере, построенном на базе персональных компьютеров, связанных сетью Ethernet.

Эффективность рассматриваемого алгоритма проявляется при размерности исходной матрицы выше 400x400, т.е. когда время на пересылку данных становится менее значимым по сравнению со временем, потраченным на непосредственные вычисления, а также выявленной особенностью можно отметить то, что эффективнее использовать число процессов равное числу центральных процессоров или ядер на компьютере. Например, если для решения системы  $n$ -ой размерности оптимально разделить задачу на 8 процессов, то для запуска программы следует задействовать 4 узла (с двухядерными процессорами).

Несмотря на то, что строчно-циклическая схема распределения данных более соответствует для случая с плотными матрицами, эффективность рассматриваемого алгоритма сохраняется в равной степени и для трёхдиагональных матриц.

### Литература

1. Ravshanov N., Abilkasimov B., Kurbonov N. The Model and Numerical Algorithm, to Research the Filtration processes in porous media taking into account the phase transitions of multicomponent mixtures // International Multidisciplinary Journal European researcher. – 2012. - № 1(16). – Pp. 5-11.
2. Садуллаев Р., Равшанов Н., Курбонов Н.М. Математическая модель и численный алгоритм фильтрации газа в пористых средах // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2011. - № 3-4. – С. 3-8.
3. FastMPJ: High Performance Java Message Passing Library. - Метод доступа: <http://fastmpj.com>.
4. HPJava Project: mpiJava Home Page. - Метод доступа: <http://www.hpjava.org/mpiJava.html>.
5. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. - 2-е изд., испр. - Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2002. - 215 с.
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 608 с.



**Н. Равшанов<sup>1</sup>, Б. Палванов<sup>2</sup>**

1. Доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией “Моделирование сложных систем”, Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при ТУИТ
2. Младший научный сотрудник соискатель, Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при ТУИТ

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ И ЕЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ**

**Введение.** При приготовлении, обработке, сортировке и производстве продуктов питания, очистке и обработке горно-обогатительных пород, извлечении из сырья выщелоченных дорогостоящих металлов, выборе биологически полноценных семян различных сельскохозяйственных культур и т.д. роль сепарирования и фильтрования огромна.

Поэтому для достижения максимально лучшего результата по очистке конечного продукта от нежелательных примесей в процессе сепарирования и фильтрования, последний должен быть организован как технологический цикл с оптимальными параметрами, включающими характеристики самих сепараторов, фильтров и режимы их работ. Данный процесс осуществляется с помощью сепарирующих агрегатов, функционирование которых зависит от физико-механических свойств материалов. Неправильный выбор технологии функционирования сепарирующих агрегатов может привести к значительной потере ценного сырья, уменьшению их производительности и снижению качества получаемого выходного продукта. Сепарирование и фильтрование, особенно сильно загрязненных сыпучих смесей и жидких ионизированных растворов, представляют собой сложный нестационарный процесс, зависящий от многих факторов, а значит, решение проблемы оптимизации управления процессами представляет собой весьма серьезную задачу и является актуальным при организации указанных выше процессов.

**Материалы и методы.** Для вывода основных критериев процесса



сепарирования сыпучей смеси рассмотрим математическую модель (ММ) процесса просеивания сыпучей смеси сквозь отверстия сита в результате вибрационного перемещения решета агрегата-сита.

Для этого поместим начало координат в центре бункера сепаратора так, чтобы  $L_1, L_2, L_3$  – соответствовали половине размера бункера агрегата по трем направлениям (по осям  $x, y$  и  $z$ ). Тогда изменение концентрации сыпучей смеси в процессе интенсивного вибрационного колебания сита описывается уравнением [1-4]:

$$\frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} = b_c \left[ \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial z^2} \right] \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями

$$\theta(x, y, z, t) = \theta_0(x, y, z, 0) = Const \quad \text{при } t=0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} = \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} = \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = 0 \quad \text{при } x = \pm L_1, y = \pm L_2, z = \pm L_3 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = \frac{k_0}{b_c} [\theta_c - \theta(x, y, z, t)] \quad \text{при } z = -L_3. \quad (4)$$

Получено аналитическое решение поставленной задачи:

$$\frac{\theta(x, y, z, t) - \theta_0}{\theta_{\bar{n}} - \theta_0(x, y, z, 0)} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} A_{n,1} \cdot A_{m,2} \cdot A_{k,3} \cdot \left\{ \cos \mu_{n,x} \frac{x}{L_1} \cdot \cos \mu_{m,y} \frac{y}{L_2} \cdot \cos \mu_{k,z} \frac{z}{L_3} \right\} x \exp \left( - \left( b_c \frac{\mu_{n,x}^2}{L_1^2} + b_c \frac{\mu_{m,y}^2}{L_2^2} + b_c \frac{\mu_{k,z}^2}{L_3^2} \right) \cdot t \right), \quad (5)$$

где

$$ctg \mu_{n,x} = \mu_{n,x} / B_{I1}, \quad ctg \mu_{m,y} = \mu_{m,y} / B_{I2}, \quad ctg \mu_{k,z} = \mu_{k,z} / B_{I3}$$

$$B_{lj} = \frac{k_0}{b_c} L_j, \quad (j = 1, 2, 3), \quad A_{n,1} = (-1)^{n+1} \frac{2B_{I1} \sqrt{B_{I1}^2 + \mu_{n,x}^2}}{\mu_{n,x} (B_{I1}^2 + B_{I1} + \mu_{n,x}^2)}$$

$$A_{m,2} = (-1)^{m+1} \frac{2B_{I2} \sqrt{B_{I2}^2 + \mu_{m,y}^2}}{\mu_{m,y} (B_{I2}^2 + B_{I2} + \mu_{m,y}^2)},$$

$$A_{k,1} = (-1)^{k+1} \frac{2B_{I3} \sqrt{B_{I3}^2 + \mu_{k,z}^2}}{\mu_{k,z} (B_{I3}^2 + B_{I3} + \mu_{k,z}^2)}.$$

Вводя в решение следующие обозначения

$$H_{1,i} = \frac{b_c t}{L_i^2}, \quad H_{2,i} = \frac{k_0 L_i}{b_c}, \quad H_{3,i} = \frac{1}{H_{2,i}}, \quad (i=1,2,3),$$

$$\frac{\theta(x, y, z, t) - \theta_0}{\theta_{\bar{n}} - \theta_0(x, y, z, 0)} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{\bar{k}=1}^{\infty} A_{n,1} A_{m,2} A_{\bar{k},3}. \quad (6)$$

получаем

$$x \left\{ \cos \mu_{n,x} \frac{x}{L_1^2} \cdot \cos \mu_{m,y} \frac{y}{L_2^2} \cos \mu_{\bar{k},z} \frac{z}{L_3^2} \right\} \exp \left( - \left( H_{1,1} \mu_{n,x}^2 + H_{1,2} \mu_{m,y}^2 + H_{1,3} \mu_{\bar{k},z}^2 \right) \cdot b_c t \right) \quad (7)$$

$$ctg \mu_{n,x} = \mu_{n,x} / H_{3,1}, \quad ctg \mu_{m,y} = \mu_{m,y} / H_{3,2}, \quad ctg \mu_{\bar{k},z} = \mu_{\bar{k},z} / H_{3,3}. \quad (8)$$

В такой постановке задачи получены новые критерии сепарирования  $H_1, H_2$ , которые учитывают изменение концентрации сыпучей смеси в бункере сепаратора в зависимости от линейного размера сепарируемого слоя смесей.

Здесь  $H_1$  характеризует обобщенное время просеивания сыпучей смеси через отверстия сита в зависимости от объема масс, а критерий  $H_2$  – отношение скорости сепарирования к коэффициенту отвода частиц  $k_0$ . Полученные новые критерии расширяют возможности исследования процесса сепарирования, так как в (6) учитывается перемещение частиц в объеме.

Так как корни трансцендентного уравнения (8) возрастают, то каждый член ряда в (7) с увеличением числа Фурье будет меньше по сравнению с предыдущим. При этом сумма всех корней будет отличаться лишь на малую величину от величины первого члена. Отсюда следует, что можно ограничиться одним первым членом ряда, т.е.

$$\frac{\theta_{\bar{n}} - \theta(x, y, z, t)}{\theta_{\bar{n}} - \theta_0(x, y, z)} = \prod_{i=1}^3 A_{1,i} \Phi \left( \mu_{1,i} \frac{e_i}{L_i} \right) \exp \left[ - \left( \mu_{1,i}^2 \frac{L_v^2}{L_i^2} \right) \cdot F_{ov} \right]. \quad (9)$$

**Обсуждение результатов и выводы.** Из решения (9) следует, что весь процесс сепарирования смеси можно разделить на три стадии: неупорядоченный режим, где большую роль играет начальное равномерное распределение концентрации сыпучей смеси, описываемое с помощью  $A_{1,i}$  - множителя. Надо отметить, что начальное равномерное распределение сыпучей смеси косвенно действует на

продолжительность процесса сепарирования. Зависимость между концентрацией сыпучей смеси и временем сепарирования выражается экспонентой. Распределение концентрации внутри слоя описывается функцией  $\Phi$ , которая не зависит от начального распределения, а  $A_{i,i}$  входит в качестве множителя, т.е. определяет масштаб, а не сущность процесса. Стационарное состояние ( $F_{ov} = \infty$ ), при котором распределение сыпучей смеси во всех точках слоя будет одинаково.

Из анализа сил, действующих на частицы сыпучей смеси в результате вибрационного колебания ситовой поверхности агрегата, следует, что при наименее интенсивном режиме колебания происходит «переукладка» частиц сыпучей смеси и их уплотнение в сепарируемом слое. В таком режиме работы агрегата коэффициенты сепарирования и отвода частиц мало изменяются. При интенсивном режиме работы сепаратора происходит «разжижение» слоя сыпучей смеси. Вследствие этого относительная сила инерции, действующая на отдельные частицы сыпучих смесей, превосходит силу сопротивления слоя и вызывает относительное их движение без отрыва друг от друга. А при еще более интенсивном колебании ситовой поверхности сепарирующего агрегата растет воздействие сил, действующих на сыпучую среду, и происходит относительное проскальзывание с отрывом частиц друг от друга и их хаотическое перемещение, в результате которого наступает «виброкипящий» режим, т.е. образуется виброкипящая среда.

Таким образом, получены новые критерии сепарирования смеси, которые определяют скорости прохода частиц по толщине слоя и через отверстия сита, а время протекания ТП, зависит от объема материала, коэффициентов сепарирования и отвода частиц. Определена продолжительность каждого этапа в зависимости от первоначальной концентрации сыпучей смеси, линейного размера и массы частиц и других свойств материала при ТП сепарирования и дана оценка каждому из них.

### Литература

1. Равшанов Н. Моделирование и исследование нестационарного технологического процесса сепарирования смесей // Узб. журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, 1996. – N 6. – С.19-23.
2. Равшанов Н., Шарипов Д., Ходжабаев А.А., Равшанов З. Компьютерная модель технологических процессов сепарирования многокомпонентных смесей // Технические и естественные науки. – Москва, 2006. – N 6. – С. 245-248.
3. Равшанов Н. Моделирование технологического процесса фильтрации суспензии // Международный научно-технический журнал «Информационные технологии моделирования и управления». – Воронеж, 2009. – N 7. – С. 996-1002.
4. Ravshanov N., Sharipov D. Model of optimum control of technological process of filtering of mixtures // «International Journal of Academic Research». – Baku, 2010. – N 1. – 150-153pp.



**Н. Равшанов<sup>1</sup>, Н.М. Курбанов<sup>2</sup>, Д. Ахмедов<sup>3</sup>**

1. Доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией “Моделирование сложных систем”, Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при ТУИТ
2. Старший научный сотрудник соискатель, Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при ТУИТ
3. Младший научный сотрудник, Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при ТУИТ

### МОДЕЛЬ И ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

**Введение.** Повышение технико-экономических показателей при разработке нефтегазовых месторождений и максимальное извлечение углеводородов из старых залежей требуют проведения комплексного исследования с помощью эффективного математического аппарата - математической модели, численного алгоритма и программно-инструментального комплекса с различными входными технологическими параметрами объекта исследования.

**Постановка задачи.** Для решения указанной выше проблемы, с использованием законов гидродинамики фильтрации многокомпонентных сред в пористых средах, разработана математическая модель объекта, описываемая с помощью нелинейного дифференциального уравнения в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями в безразмерном виде [1]:

$$\frac{\partial^2 P^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P^2}{\partial y^2} = \frac{2m\mu}{k} \frac{\partial P}{\partial t} \pm \frac{QP_{at}}{\Delta x \Delta y} \cdot \frac{2\mu}{b \cdot k} \delta(x, y); \quad (1)$$

$$P^2(x, y, t)|_{t=0} = P_i^2(x, y, 0); (x, y) \in G; \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial P^2(x, y, t)}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0; \quad (3)$$

$$\oint \frac{k}{\mu} b \cdot \frac{\partial P(x, y, t)}{\partial n} ds = cQ_v. \quad (4)$$

Здесь  $P$  – давление газа,  $Q$  – объемный расход (при атмосферном давлении) на скважинах,  $k, \mu$  - соответственно коэффициент фильтрации и вязкости газа,  $m$  - пористость,  $P_{at}$  - атмосферное давление,  $\rho$  - плотность,  $b$  – мощность пласта.

Из постановки задачи следует, что аналитическое решение получить невозможно. Поэтому для ее решения используем конечно-разностный метод и получаем трех- или пятидиагональные системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) высокого порядка с одной и той же матрицей коэффициентов, но с различными правыми частями. При этом в зависимости от области фильтрации субстанции и шага интегрирования по пространственным переменным порядок формирующихся матриц может варьировать от сотен до миллионов. В случае большой размерности системы решение таких задач закономерно требует значительных вычислительных ресурсов. Поэтому для решения данной задачи разработан эффективный параллельный вычислительный алгоритм.

**Материалы и методы.** Заменим дифференциальные операторы в уравнении на конечно-разностную консервативную схему. Для этого введем равномерную сетку по  $x$  и  $y$ :

$$L = N \cdot \Delta x; \quad \Delta x^* = \frac{\Delta x}{L_x} = \frac{1}{N}; \quad \Delta y^* = \frac{\Delta y}{L_y} = \frac{1}{M}, \text{ если}$$

$$\Delta x \neq \Delta y$$

и, используя схему продольно-поперечного направления по направлениям  $Ox_i$ ,  $Oy_i$  и линеаризуя нелинейные члены конечно-разностного уравнения, получаем [1-2]:

$$\eta_1 P_{i+1,j}^{(k+0,5)} - \eta_2 P_{i,j}^{(k+0,5)} + \eta_3 P_{i-1,j}^{(k+0,5)} = P_{i+1,j}^{2(s)} - \left( 2 + \frac{\gamma_1}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \right) P_{i,j}^{2(s)} + P_{i-1,j}^{2(s)} + \left( L_1 \bar{P}_{i,j}^{2(k)} + \gamma_1 \frac{\bar{P}_{i,j}^{2(k)}}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \pm \delta_{i,j} Q_\nu \right), \quad (5)$$

где

$$\eta_1 = 2P_{i+1,j}^{(s)}; \quad \eta_2 = 2P_{i,j}^{(s)} \left( 2 + \frac{\gamma_1}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \right); \quad \eta_3 = 2P_{i-1,j}^{(s)}; \quad \gamma_1 = \frac{\Delta x^2}{\Delta t};$$

$$L_1 \bar{P}_{i,j}^{2(k)} = \left( \bar{P}_{i,j+1}^{2(k)} - 2\bar{P}_{i,j}^{2(k)} + \bar{P}_{i,j-1}^{2(k)} \right); \quad i=1 \bar{N}, \quad j=1 \bar{J}.$$

Группируя все члены уравнения (5), получаем

$$a_i P_{i+1,j}^{(k+0,5)} - b_i P_{i,j}^{(k+0,5)} + c_i P_{i-1,j}^{(k+0,5)} = d_i. \quad (6)$$

Здесь

$$a_i = \eta_1; \quad b_i = \eta_2; \quad c_i = \eta_3;$$

$$d_i = \left( L_1 \bar{P}_{i,j}^{2(k)} + \gamma_1 \frac{\bar{P}_{i,j}^{2(k)}}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \pm \delta_{i,j} Q_\nu \right) + P_{i+1,j}^{2(s)} - \left( 2 + \frac{\gamma_1}{2\tilde{P}_{i,j}^{(k+0,5)}} \right) P_{i,j}^{2(s)} + P_{i-1,j}^{2(s)}.$$

В конечном итоге имеем систему алгебраических уравнений

$$\dot{A}_1 x = \vec{b}_1, \quad (7)$$

где  $\dot{A}_1$  - трехдиагональная матрица размерностью  $(N * I)$ ,  $\vec{b}_1$  - вектор размерностью  $I$ .

Применяя указанную выше процедуру по направлению оси  $0y$ , получаем

$$\bar{a}_j P_{i,j+1}^{(k+1)} - \bar{b}_j P_{i,j}^{(k+1)} + \bar{c}_j P_{i,j-1}^{(k+1)} = \bar{d}_j;$$

здесь

$$\bar{a}_j = 2P_{i,j+1}^{(s)}; \bar{b}_j = 2P_{i,j}^{(s)} \left( 2 + \frac{\gamma_2}{2\bar{P}_{i,j}^{(k+1)}} \right); \bar{c}_j = 2P_{i,j-1}^{(s)}; \gamma_2 = \frac{\Delta y^2}{\Delta t};$$

$$\bar{d}_j = \left( L_2 \bar{P}_{i,j}^{2(k+0,5)} + \gamma_2 \frac{\bar{P}_{i,j}^{2(k+0,5)}}{2\bar{P}_{i,j}^{(k+1)}} \pm \delta_{i,j} Q_v \right) + P_{i,j+1}^{2(s)} - \left( 2 + \frac{\gamma_2}{2\bar{P}_{i,j}^{(k+1)}} \right) P_{i,j}^{2(s)} + P_{i,j-1}^{2(s)};$$

$$L_2 \bar{P}_{i,j}^{2(k+0,5)} = \left( \bar{P}_{i+1,j}^{2(k+0,5)} - 2\bar{P}_{i,j}^{2(k+0,5)} + \bar{P}_{i-1,j}^{2(k+0,5)} \right).$$

Окончательно получаем систему алгебраических уравнений

$$\dot{A}_2 x = \vec{b}_2. \tag{8}$$

Здесь  $\dot{A}_2$  - трехдиагональная матрица размерностью  $(M * J)$ ,  $\vec{b}_2$  - вектор размерностью  $J$ .

Отметим, что большинство алгоритмов решения подобных задач, представляет собой комбинацию фрагментов с различной степенью параллелизма. Таким образом, в данной работе, как и в большинстве случаев, программная реализация алгоритма является попеременно последовательно-параллельной. В коде программы распараллеливанию подвергается наиболее ресурсоёмкий участок, в данном случае – решение СЛАУ. Решение СЛАУ осуществляется методом Гаусса. Сама программа реализована на языке Java с использованием библиотеки FastMPJ [3], соответствующей спецификации API mpiJava 1.2 [4].

Исходная матрица коэффициентов распределяется по  $p$  процессам циклическими горизонтальными полосами с шириной полосы в одну строку. В процессе под номером  $pid$  располагаются строки с номерами  $pid$ ,  $pid + p$ ,  $pid + 2p$  и т.д.. Такая строчно-циклическая схема подразумевает изменение на единицу номера процесса при переходе от строки к следующей строке. Применение данной схемы решает проблему балансировки вычислительной нагрузки. Этим достигается примерно одинаковый объём вычислений на каждом процессоре и устраняются простои в отличие, например, от последовательно-строчной схемы, когда при одинаковом распределении данных каждая последующая вычислительная итерация увеличивает число простаивающих процессов [5].

Параллельный алгоритм решения СЛАУ методом Гаусса делится на два этапа [6]. На первом этапе выполняется прямой ход метода Гаусса, где осуществляется  $(n-1)$  итерация по исключению неизвестных для преобразования матрицы коэффициентов к верхнему треугольному виду.

Выполнение итерации  $i$ ,  $0 \leq i < n-1$ , прямого хода метода Гаусса включает ряд действий. В самом начале итерации выбирается ведущая строка, которая при использовании метода главных элементов определяется поиском строки с наибольшим по абсолютной величине значением среди элементов столбца  $i$ , соответствующим

исключаемой переменной  $x_i$ . Так как строки матрицы распределены по процессам, то для поиска максимального значения процессов с номерами  $pid > i$ , они обмениваются своими элементами при исключаемой переменной  $x_i$ . После сбора всех необходимых данных в каждом процессе может быть определено, какой из них содержит ведущую строку и какое значение является ведущим элементом.

Далее для продолжения вычислений «ведущий» процесс рассылает свою строку матрицы и соответствующую часть вектора  $b$  всем остальным процессам с номерами  $pid > i$ . Получив ведущую строку, подзадачи выполняют вычитание строк путём элементарных преобразований, обеспечивая тем самым исключение соответствующей неизвестной  $x_i$ .

При выполнении обратного хода метода Гаусса процессы выполняют необходимые вычисления для нахождения значения неизвестных. Как только какой-либо процесс  $i$ ,  $0 \leq i < n-1$ , определяет значение своей переменной  $x_i$ , это значение рассылается всем процессам с номерами  $pid < i$ . Далее процессы подставляют полученное значение новой неизвестной и выполняют корректировку значений для элементов вектора  $b$ .

**Выводы.** Тестирование алгоритма проводилось на кластере, построенном на базе персональных компьютеров, связанных сетью Ethernet.

Эффективность рассматриваемого алгоритма проявляется при размерности исходной матрицы выше 400x400, т.е. когда время на пересылку данных становится менее значимым по сравнению со временем, потраченным на непосредственные вычисления, а также выявленной особенностью можно отметить то, что эффективнее использовать число процессов равное числу центральных процессоров или ядер на компьютере. Например, если для решения системы  $n$ -ой размерности оптимально разделить задачу на 8 процессов, то для запуска программы следует задействовать 4 узла (с двухядерными процессорами).

Несмотря на то, что строчно-циклическая схема распределения данных более соответствует для случая с плотными матрицами, эффективность рассматриваемого алгоритма сохраняется в равной степени и для трёхдиагональных матриц.

### Литература

1. Ravshanov N., Abilkasimov B., Kurbonov N. The Model and Numerical Algorithm, to Research the Filtration processes in porous media taking into account the phase transitions of multicomponent mixtures // International Multidisciplinary Journal European researcher. – 2012. - № 1(16). – Pp. 5-11.
2. Садуллаев Р., Равшанов Н., Курбонов Н.М. Математическая модель и численный алгоритм фильтрации газа в пористых средах // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2011. - № 3-4. – С. 3-8.
3. FastMPJ: High Performance Java Message Passing Library. - Метод доступа: <http://fastmpj.com>.
4. HPJava Project: mpiJava Home Page. - Метод доступа: <http://www.hpjava.org/mpiJava.html>.
5. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. - 2-е изд., испр. - Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2002. - 215 с.
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 608 с.



## **ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ EXCEL НА ПРИКЛАДІ РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУР ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ»**

Основною метою навчання інформаційних технологій студентами за напрямом підготовки «Харчові технології та інженерія» є необхідність підвищення рівня і якості підготовки фахівців. Для цього потрібно вирішити такі задачі як розвиток і закріплення навичок та вмінь у сполученні з активними методами навчання. Основною задачею інженера-технолога є розроблення нових рецептур та вибір рецептури із наданих варіантів за заданими параметрами, а саме мінімальною собівартістю, високими якісними показниками, комплексним використанням складових частин інгредієнтів. Розвиток засобів інженерних та наукових розрахунків дає можливість фахівцю розв'язувати поставлені задачі без досконалого знання мов програмування, проте виникає необхідність досконалого володіння таким програмним продуктом, як система автоматизованих інженерних та економічних розрахунків.

Ключовими аспектами при створенні функціональних продуктів харчування є науково обґрунтований підбір фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів з необхідними санітарно-гігієнічними, медико-біологічними показниками, спрямованими лікувально-профілактичними властивостями, а також розробка нових технологічних рішень, що дозволяють істотно впливати не тільки на органолептичні фізико-хімічні показники сировини та готової продукції, підвищуючи їх харчову цінність, але й надавати їм спрямовані функціональні властивості. Варіюючи склад рецептурних сумішей, збагачуючи їх есенціальним нутрієнтами, можна домогтися певної спрямованості фізіологічного впливу. Перевагами автоматизованого проектування рецептур при створенні функціональних продуктів харчування є можливість регулювання їх хімічного складу шляхом зміни співвідношення окремих компонентів з урахуванням їхніх властивостей. Оптимальні рішення цих задач при проектуванні харчових продуктів можуть бути отримані за допомогою їх формалізованих математичних описів - математичних моделей, що відображають в аналітичному вигляді безліч функціональних зв'язків між технологічними, економічними та іншими параметрами інгредієнтів сировини, необхідними характеристиками готових виробів (цільова функція) і рядом обмежень, які вимагає нормативна документація. Таким чином, математичне та імітаційне моделювання стає для технолога одним із необхідних інструментів розв'язання задач оптимізації комплексу властивостей харчового продукту - органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних - по встановленим критеріям і обмеженням на кожному етапі його розробки.

Поняття «проектування» продуктів включає в себе розробку моделей, що описують етапи створення продуктів заданої якості і представляють собою

математичні залежності, що відображають всі зміни одного або декількох ключових параметрів, на основі яких вони розробляються, а також оптимізацію вибору та співвідношення вихідних компонентів, за якими можна отримати рецептуру, яка за кількісним вмістом та якісним складом максимально відповідає формулі збалансованого харчування та медико-біологічним вимогам, має високі споживчі властивості [3, с. 120]. Одним із важливих завдань при проектуванні багатокomпонентних харчових систем є забезпечення оптимального набору та співвідношення рецептурних інгредієнтів при розробці нових видів функціональних продуктів харчування для різних категорій населення.

Серед різних моделей технологічних процесів особливе місце займають лінійні моделі, тобто моделі, де математичні залежності (рівності або нерівності) - лінійні відносно всіх змінних величин, що входять в модель. Сутність задач такого роду полягає в тому, щоб з набору можливих варіантів рецептур вибрати за заданим критерієм оптимальний варіант шляхом спрямованого варіювання кількісними співвідношеннями сировинних компонентів.

Рішення поставленої задачі здійснюється в кілька етапів: 1) формується інформаційний банк даних, який включає хімічний склад інгредієнтів; 2) на основі інформаційного банку даних складаються балансові лінійні рівняння по хімічному складу кінцевого продукту (наприклад, за вмістом жиру, води, вуглеводів); 3) визначаються технологічні обмеження на використання окремих видів інгредієнтів (солі, спеції і т.д.) згідно нормативно-технічної документації; 4) вибирається критерій (функція мети) оптимізації енергетичної цінності продукту; 5) вирішується поставлене завдання в комп'ютерній математичній системі; 6) проводиться аналіз варіантів розроблених багатокomпонентних харчових продуктів з технологічної та економічної точок зору, і вибирають той варіант, який найбільш повно відповідає поставленій меті.

Розглянемо розробку рецептури медової пасти з максимальною біологічною цінністю та за вмістом макро- і мікроелементів та вітамінів: Na - не менше 50 мг, K - не менше 500 мг, Ca - не менше 100 мг, Mg - не менше 100 мг, P - не менше 100 мг, Fe - не менше 20 мг, каротину - не менше 500 мг, B<sub>1</sub> - не менше 0,5 мг, B<sub>2</sub> - не менше 0,1 мг, C - не менше 1 мг. Можливий діапазон варіювання РІ в рецептурній композиції паст на основі меду за вмістом сухих речовин у кожному виді сировини (табл.1) [1] та біологічна цінність рецептурних інгредієнтів (табл.2) [1].

Таблиця 1

**Рецептурні композиції паст на основі меду**

Рецептурні інгредієнти	Можливий діапазон варіювання РІ, %	Вміст сухих речовин РІ, %
Ядро арахіса	0...25	92,1
Родзинки	0...10	82
Насіння гарбуза	0...25	95,5
Чорнослив	0...12	75
Курага	0...15	80
Мед бджолиний	50...90	82,6

**Біологічна цінність рецептурних інгредієнтів медових паст**

Перелік вітамінів, макро- та мікроелементів	Кількість вітамінів, макро- та мікроелементів, що входять до складу рецептурних інгредієнтів медових паст (мг/100 г)					
	Ядро арахісу	Родзинки	Насіння гарбуза	Чорнослив	Курага	Мед
Na	23,0	117	157	10	17	10
K	658	830	634	864	1717	36
Ca	76	83	360	80	160	14
Mg	182	42	311	102	106	3
P	350	129	520	83	146	18
Fe	5	3	60	3	32	0,8
Каротин	0	35	3	60	3500	0
B <sub>1</sub>	0,74	0,15	1,8	0,02	0,1	0,01
B <sub>2</sub>	0,11	0,06	0,2	0,1	0,2	0,03
C	5,3	1	2	3	4	0
Всього	1300,15	1239,21	2047	1205,12	5682,3	81,84

Створюємо математичну модель розрахунку сировини з максимальною енергетичною цінністю:

Необхідно знайти шукані значення  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ , при яких  $F(x) = \max\{1300,15 x_1 + 1239,21 x_2 + 2047 x_3 + 1205,12 x_4 + 5682,12 x_5 + 81,84 x_6\}$  при дотриманні наступних умов:

- 1) вміст Na не менше 50  
 $23 x_1 + 117 x_2 + 157 x_3 + 10 x_4 + 17 x_5 + 10 x_6 \geq 50$ ;
- 2) вміст K не менше 500  
 $658 x_1 + 830 x_2 + 634 x_3 + 864 x_4 + 1717 x_5 + 36 x_6 \geq 500$ ;
- 3) вміст Ca не менше 100  
 $76 x_1 + 83 x_2 + 360 x_3 + 80 x_4 + 160 x_5 + 14 x_6 \geq 100$ ;
- 4) вміст Mg не менше 100  
 $182 x_1 + 42 x_2 + 311 x_3 + 102 x_4 + 106 x_5 + 3 x_6 \geq 100$ ;
- 5) вміст P не менше 100  
 $350 x_1 + 129 x_2 + 520 x_3 + 83 x_4 + 146 x_5 + 18 x_6 \geq 100$ ;
- 6) вміст Fe не менше 20  
 $5 x_1 + 3 x_2 + 60 x_3 + 3 x_4 + 32 x_5 + 0,8 x_6 \geq 20$ ;
- 7) вміст каротину не менше 500  
 $35 x_2 + 3 x_3 + 60 x_4 + 3500 x_5 \geq 500$ ;
- 8) вміст B<sub>1</sub> не менше 0,5  
 $0,74 x_1 + 0,15 x_2 + 1,8 x_3 + 0,02 x_4 + 0,1 x_5 + 0,01 x_6 \geq 0,5$ ;
- 9) вміст B<sub>2</sub> не менше 0,1  
 $0,11 x_1 + 0,06 x_2 + 0,2 x_3 + 0,1 x_4 + 0,2 x_5 + 0,03 x_6 \geq 0,1$ ;
- 10) вміст C не менше 1  
 $5,3 x_1 + x_2 + 2x_3 + 3 x_4 + 4 x_5 \geq 1$ ;
- 11) наявність в рецептурі сухих речовин не менше 75%  
 $92,1 x_1 + 82 x_2 + 95,5 x_3 + 75 x_4 + 80 x_5 + 82,6 x_6 \geq 0,75$ ;
- 12) отримання одиниці продукту  
 $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 1$ ;
- 13) Обмеження змінних по нижній границі:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0, x_6 \geq 0,5;$$

14) Обмеження змінних по верхній границі:

$$x_1 \leq 0,25; x_2 \leq 0,1; x_3 \leq 0,25; x_4 \leq 0,12; x_5 \leq 0,15; x_6 \leq 0,9.$$

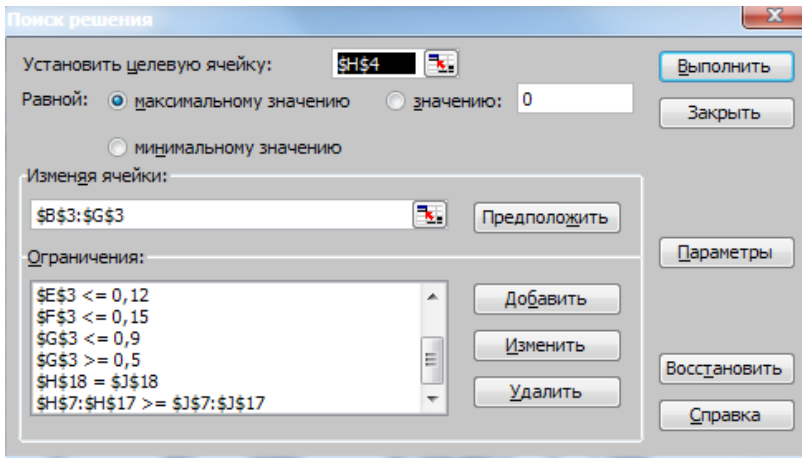
Створюємо електронну таблицю в MS Excel відповідно математичної моделі

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Змінні									
2	Імя	Ядро арахіса	Родзинки	Насіння гарбуза	Чорнослив	Курага	Мед			
3	Вміст							ЦФ	напрям	
4	Енергет. цінність	1300,15	1239,21	2047	1205,12	5682,3	81,84	0	max	
5										
6	Вид									
7	Na	23	117	157	10	17	10	0	≥	50
8	K	658	830	634	864	1717	36	0	≥	500
9	Ca	76	83	360	80	160	14	0	≥	100
10	Mg	182	42	311	102	106	3	0	≥	100
11	P	350	129	520	83	146	18	0	≥	100
12	Fe	5	3	60	3	32	0,8	0	≥	20
13	Каротин	0	35	3	60	3500	0	0	≥	500
14	B1	0,74	0,15	1,8	0,02	0,1	0,01	0	≥	0,5
15	B2	0,11	0,06	0,2	0,1	0,2	0,03	0	≥	0,1
16	C	5,3	1	2	3	4	0	0	≥	1
17	Сухі речовини	92,1	82	95,5	75	80	82,6	0	≥	0,75
18	Отримання одиниці продукту	1	1	1	1	1	1	0	=	1

Електронна таблиця даних в режимі формул

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Змінні									
2	Імя	Ядро арахіса	Родзинки	Насіння гарбуза	Чорнослив	Курага	Мед			
3	Вміст							ЦФ	напрям	
4	Енергет. цінність	1300,15	1239,21	2047	1205,12	5682,3	81,84	=СУММПРОИЗВ(B4:G4;B3:G3)	max	
5										
6	Вид									
7	Na	23	117	157	10	17	10	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B7:G7)	≥	50
8	K	658	830	634	864	1717	36	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B8:G8)	≥	500
9	Ca	76	83	360	80	160	14	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B9:G9)	≥	100
10	Mg	182	42	311	102	106	3	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B10:G10)	≥	100
11	P	350	129	520	83	146	18	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B11:G11)	≥	100
12	Fe	5	3	60	3	32	0,8	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B12:G12)	≥	20
13	Каротин	0	35	3	60	3500	0	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B13:G13)	≥	500
14	B1	0,74	0,15	1,8	0,02	0,1	0,01	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B14:G14)	≥	0,5
15	B2	0,11	0,06	0,2	0,1	0,2	0,03	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B15:G15)	≥	0,1
16	C	5,3	1	2	3	4	0	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B16:G16)	≥	1
17	Сухі речовини	92,1	82	95,5	75	80	82,6	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B17:G17)	≥	0,75
18	Отримання одиниці продукту	1	1	1	1	1	1	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B18:G18)	=	1

Для визначення оптимального складу компонентів було використано вбудований засіб Excel «Поиск решения»[2]. Вікно «Поиск решения» з вказаною цільовою функцією та обмеженнями



Результати обчислення розрахунку сировини

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Змінні									
2	Імя	Ядро арахіса	Родзинки	Насіння гарбуза	Чорнослив	Курага	Мед			
3	Вміст	0,090426	0,009574	0,25	0	0,15	0,5	ЦФ	напрям	
4	Енергет.цінність	1300,15	1239,21	2047	1205,12	5682,3	81,84	1534,447	max	
5										
6	Вид									
7	Na	23	117	157	10	17	10	50	≥	50
8	K	658	830	634	864	1717	36	501,4968	≥	500
9	Ca	76	83	360	80	160	14	128,667	≥	100
10	Mg	182	42	311	102	106	3	112,0096	≥	100
11	P	350	129	520	83	146	18	193,784	≥	100
12	Fe	5	3	60	3	32	0,8	20,68085	≥	20
13	Каротин	0	35	3	60	3500	0	526,0851	≥	500
14	B1	0,74	0,15	1,8	0,02	0,1	0,01	0,538351	≥	0,5
15	B2	0,11	0,06	0,2	0,1	0,2	0,03	0,105521	≥	0,1
16	C	5,3	1	2	3	4	0	1,58883	≥	1
17	Сухі речовини	92,1	82	95,5	75	80	82,6	86,2883	≥	0,75
18	Отримання одиниці продукту	1	1	1	1	1	1	1	=	1

Результати розрахунку інструменту MS Excel «Поиск решения...»:

$$x_1 = 0,904; x_2 = 0,0096; x_3 = 0,25; x_4 = 0; x_5 = 0,15; x_6 = 0,5.$$

Для отримання медової пасти з максимальною харчовою цінністю необхідно в її склад включити 9,04% арахісу, 0,96% родзинок, 25% насіння гарбуза, 15% кураги та 50% меду. При цьому максимальна харчова цінність складає 1534,4. Таким чином, використання вбудованого інструменту MS Excel «Поиск решения...» дозволяє вирішувати деякі задачі оптимізації рецептурного складу.

На думку авторів, саме розширення можливостей оптимізаційних

програмних засобів дозволить вийти на якісно новий рівень в розробці нових видів харчових продуктів із заданим хімічним складом, споживчими і технологічними характеристиками. Проектування харчових продуктів оптимального складу методами математичного моделювання дозволить знизити фінансові та часові витрати на розробку продуктів харчування, своєчасно реагувати на зміну потреб людського організму в умовах техногенного суспільства, розширити асортимент продукції функціонального та лікувально-профілактичного призначення, які спрямовані на харчування окремих груп населення.

### **Література**

1. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
2. Пикуза В. Экономические расчеты и бизнес-моделирование в Excel/ В. Пикуза. – Питер, 2012. – 400 с.
3. Олейникова А. Я. Технологические расчеты при производстве кондитерских изделий /А. Я. Олейникова, Г. О. Магомедов, И. В. Плотникова. – СПб. : Издательство РПП, 2008. – 240 с.

Казаков А.В.

аспирант,

Жуков И.В.

кандидат технических наук

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

## КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПО МОДЕЛИ ВИРТУАЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

Оптимизация технологического процесса производства выпуска любой продукции содержит важный этап - определение математической модели - уравнения связи выходного показателя качества с параметрами этого технологического процесса (входными факторами). Модель - это упрощенная система, отражающая отдельные стороны явлений изучаемого объекта. Каждый изучаемый процесс можно описать различными моделями, при этом ни одна модель не может сделать это абсолютно полно и всесторонне. Однако использование упрощенной модели, отражающей отдельные черты исследуемого объекта, позволяет точнее увидеть взаимосвязь причин и следствий, входов и выходов, быстрее сделать необходимые выводы, принять правильные решения.

Математическое моделирование является методом качественного или количественного описания объектов или процессов, при этом реальный объект, процесс или явление упрощается, схематизируется и описывается определенным уравнением. В большинстве случаев математическая модель представляет собой уравнение регрессии, то есть геометрическое место точек математических ожиданий условных распределений целевой функции. Простейшим примером такой модели является уравнение парной корреляции, где на целевую функцию воздействует один фактор. На практике в реальном производстве на целевую функцию воздействуют много факторов и искомое уравнение регрессии становится многомерным [1].

Описание исследуемого объекта нельзя получить в виде точной формулы функции, справедливой во всем диапазоне существования аргументов. Оно может быть лишь приближенным и на небольшом участке в окрестностях выбранной базовой точки. Аппроксимация искомой математической зависимости представляет собой некоторый полином - отрезок ряда Тейлора, в который разлагается неизвестная зависимость:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i \neq j}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_{ii} + \dots \quad (1)$$

где:

$$b_i = \left. \frac{\partial f}{\partial X_i} \right|_{\vec{X}=0}; b_{ij} = \left. \frac{\partial^2 f}{\partial X_i \partial X_j} \right|_{\vec{X}=0}; b_{ii} = \left. \frac{\partial^2 f}{\partial X_i^2} \right|_{\vec{X}=0} \quad (2)$$

В силу наличия неуправляемых и даже неконтролируемых входных переменных  $X_i$  изменение величины  $Y$  носит случайный характер, а потому уравнение (2) не дает нам точной связи между входом и выходом объекта и является лишь условным математическим ожиданием случайной величины  $Y$ , т.е. уравнением регрессии.

Задача отыскания коэффициентов уравнения регрессии сводится к решению системы так называемых нормальных уравнений:

$$\sum_{g=1}^N (Y_g - \hat{Y}_g)^2 = \sum_{g=1}^N (Y_g - \sum_{i=0}^d b_i x_{ig})^2 = \min \quad (3)$$

где  $Y_g$ - экспериментальные значения выходного параметра, полученные в  $g$ -й точке факторного пространства;

$\hat{Y}_g$  - значение выходного параметра, найденные по уравнению регрессии в тех же точках;

$d$  - количество членов в уравнении регрессии.

Выражение (3) является основным критерием проверки правильности найденного уравнения регрессии.

В целях экономии места теория проведения эксперимента и обработка полученных данных в данной работе не рассматривается. Подробную информацию можно получить в соответствующих справочных изданиях [2].

Для получения дополнительных данных о работе азотенка и проверки работы модели был произведен эксперимент, целью которого было внесение ограниченных по амплитуде возмущений в работу очистных сооружений. Взяв за основу теорию проведения эксперимента был составлен план эксперимента.

При проведении эксперимента, исходя из технологических особенностей процесса, в качестве манипулируемых параметров были выбраны следующие:

Параметр	Примечание	Управление	Размер шага
Q1603,	Концентрация растворенного кислорода, мг/л	Клапан-регулятор	200 н м <sup>3</sup> /ч
Q1602,		Расхода воздуха	
Q1601		F1409,1408,1407	

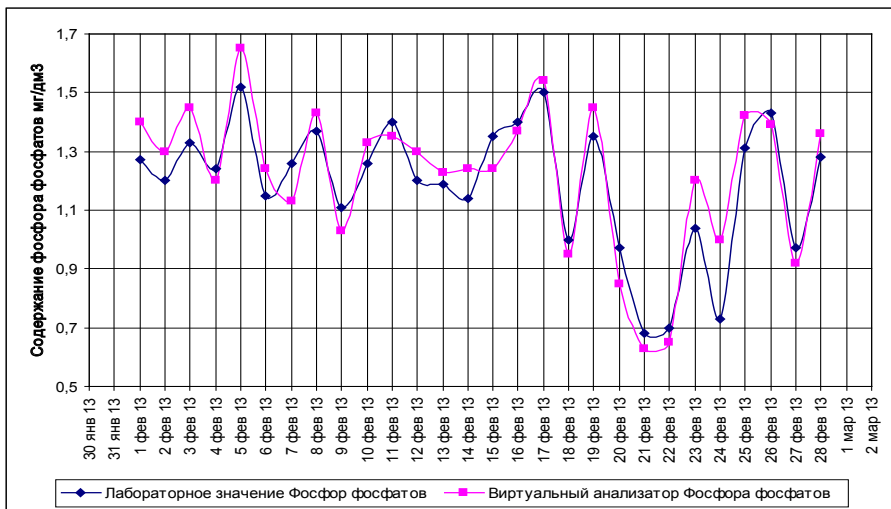


FT1410	Расход сточных вод поступающих на очистку в аэротенк	Клапан-регулятор	100 м <sup>3</sup> /ч
FT1411		расхода сточных вод	
FT1412		FT1410, 1411,1412	
FT1404	Р а с х о д циркулирующего активного ила из вторичных отстойников	Клапан-регулятор	100 м <sup>3</sup> /ч
FT1405		расхода сточных вод	
FT1406		FT1404, 1405,1406	

Размер шага по каждой переменной выбирается таким, чтобы приращение выходного параметра  $n_{\text{очищ.ст.воде}}(P)$  (концентрация фосфора фосфатов в очищенной сточной воде) к базовому значению  $n_{\text{исх.ст.воде}}(P)$  при реализации шага можно было выделить на фоне “шума” при небольшом числе параллельных опытов.

Время установления переменных процесса очистки сточных составляет несколько часов, поэтому с момента изменения манипулируемой переменной до забора анализа следует выждать не менее 6 часов. Исходя из всего вышеуказанного, была реализована следующая программа проведения эксперимента.

Исходя из предположения, что за промежуток времени между анализами качество сырья меняется незначительно, была предложена следующая схема работы анализатора. Результаты анализов с периодичностью восемь часов вводятся в систему и используются для расчетов до получения результатов следующего анализа. Результаты работы виртуального анализатора, построенного по этой схеме, представлены на рисунке 1.



«Сравнение лабораторных данных и показаний виртуального анализатора»-  
рисунок 1

Как видно из графика результат лабораторного анализа и показания виртуального датчика в контрольных точках отличаются незначительно, что свидетельствует о том, что данный процесс возможно описать уравнением регрессии.

Из приведенного графика видно, что полученное уравнение достаточно полно описывает процесс. Так как качество очистки сточных вод в значительной степени зависит от состава сточных вод поступающих на очистку.

Решить эту проблему можно несколькими путями: стабилизировать качество сырья поступающего на очистку (например, использовать промежуточные накопительный резервуар для поступающих хозяйственно-бытовых сточных вод, из которого вода будет подаваться с известными параметрами), либо непрерывно получать сведения об основных показателях сточных вод, которые влияют на процесс очистки.

Все работы по созданию, отладке и проверке работы виртуального анализатора проводились в Profit Desing Studio (PDS) с использованием встроенных в систему средств для обработки статистических данных. PDS является мощным и универсальным средством решения задач, возникающих в различных областях человеческой деятельности.

Используя функции получения и оценки коэффициентов множественной линейной регрессии, были получены коэффициенты уравнения регрессии, произведена оценка их значимости и расчет значений зависимой переменной по регрессионной модели.

### Литература

1. Бахтадзе Н.Н. Виртуальных анализаторов в системах управления производством // Датчики и системы. 2004. №4. С. 52-64.
2. Хенце М. Очистка сточных вод: Пер. с англ./ Хенце М., Армозс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. – М.: Мир, 2006. – 480 с.

**Кузенкова Карина Ігорівна**

Студентка III курсу Маріупольського державного університету

## **РОЗРОБКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ЦИФРОВОГО ПІДПИСУ В УКРАЇНІ**

Програми електронного документообігу з використанням електронного цифрового підпису (ЕЦП) на сьогодні активно впроваджуються в державних установах і органах державної влади. Цей фактор істотно розширює можливості електронного документообігу в Україні. Головним документом, що визначає поняття електронного цифрового підпису та суміжні з ним питання є Закон України “Про електронний цифровий підпис” від 22.05.2003 № 852-IV. Відповідно до нього:

Електронний цифровий підпис - вид підпису, отриманого за результатом криптографічного перетворення набору електронних даних, який додається до цього набору або логічно з ним поєднується і дає змогу підтвердити його цілісність та ідентифікувати підписувача. Електронний цифровий підпис накладається за допомогою особистого ключа та перевіряється за допомогою відкритого ключа.

Національна система ЕЦП була представлена в завершеному вигляді ще 6 липня 2005 року, тоді ж був сформований її центральний заверительний орган (ЦЗО) - серцевина системи ЕЦП. Він засвідчує центри сертифікації ключів, формує й обслуговує кореневі сертифікати ключів (це комерційні і державні підприємства, що надають громадянам, компаніям та держустановам послуги ЕЦП). У розробці системи цифрових підписів брали участь «Держзв'язок», ДП «Госінформресурс», Державний центр інформаційної безпеки, а також Державний центр інформаційних ресурсів України та Інститут кібернетики НАНУ. Великий внесок в роботу даного спрямування зробили викладачі та студенти Харківського національного університету радіоелектроніки.

В основі роботи ЕЦП є - хеш-функція. Вона, служить для того, щоб крім аутентифікації відправника, забезпечуваною ЕЦП, гарантувати, що повідомлення не має спотворень, і одержувач отримав саме те повідомлення, яке підписав і відправив йому відправник.

Хеш-функція - це процедура обробки повідомлення, в результаті дії якої формується рядок символів (дайджест повідомлення) фіксованого розміру. Найменші зміни в тексті повідомлення призводять до зміни дайджесту при обробці повідомлення хеш-функцією. Таким чином, будь-які спотворення, внесені в текст повідомлення, відібуваються в дайджесте.

Алгоритм застосування хеш-функції полягає в наступному:

1. перед відправленням повідомлення обробляється за допомогою хеш-функції. У результаті виходить його стислий варіант (дайджест). Саме повідомлення при цьому не змінюється і для передачі по каналах зв'язку потребує шифрування описаними вище методами;
2. отриманий дайджест шифрується закритим ключем відправника (підписується ЕЦП) і пересилається одержувачу разом із повідомленням;
3. одержувач розшифровує дайджест повідомлення відкритим ключем відправника;
4. одержувач обробляє повідомлення тією ж хеш-функцією, що і відправник і отримує його дайджест. Якщо дайджест, присланий відправником, і дайджест, отриманий в результаті обробки повідомлення одержувачем, збігаються, значить, у повідомлення не було внесено спотворень.

Список державних органів, що користуються електронним підписом:

- Державна Податкова Адміністрація України (ДПАУ);
- Державний Комітет Статистики;
- Державний Центр Зайнятості;
- Пенсійний Фонд України

Отже технологія ЕЦП в Україні розроблена, в наявності законодавче обґрантування справа – за масовим використанням. У найближчій перспективі на Україні ЕЦП буде використовуватися, сферах: банківська, електронна медицина, електронні торги, енергетика, кредитні бюро та ринки цінних паперів. Економічна доцільність впровадження ЕЦП в перелічені галузі очевидна, бо при повномасштабному використанні з'являється можливість отримання не менше 50% зростання продуктивності праці з відповідним підвищенням швидкості розгляду документів і масштабної економією ресурсів, в першу чергу - за рахунок зменшення витрат на архівне зберігання електронних документів.

#### **Література:**

1. Степаненко В. Электронная цифровая подпись. Текущее состояние, проблемы, перспективы развития. - №6(31)2006. - Режим доступа: <http://www.sib.com.ua/index.html>
2. Закон України «Про електронний цифровий підпис» від 22.05.2003р.
3. Секреты украинской электронной подписи. - Режим доступа: <http://itc.ua/blogs/users/sekretyi-ukrainskoj-elektronnoy-podpisi/>

**Кошова В.М.**

кандидат технічних наук, професор

**Ліннік О.М.**

**магістрант, О.А. Гусіна, студент**

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ**

Насьогодні основна задача у розвитку технології безалкогольних напоїв – це формування асортименту напоїв такою продукцією, яка б насичувала споживчий ринок напоями здоров'я для різних груп населення. Такого ефекту можна досягти за рахунок використання у якості смакоароматичної складової натуральної рослинної сировини, яка має у своєму складі біологічно активні речовини, володіє тонізуючою та стимулюючою діями. [1]

Метою роботи було дослідити нетрадиційну сировину, а саме насіння пажитника, та соловий екстракт «Barley Malt Extract Light» для виробництва безалкогольних напоїв та виявлення їх особливостей при складанні рецептури нового напою. Особливу увагу приділено оцінці органолептичних показників якості напою, отриманого під час експериментальної частини роботи.

Солодові екстракти (malt extracts) виготовляються з солодженого цільного зерна - ячмінного або житнього. У процесі виробництва активні ферменти солоду гідролізують і роблять розчинними крохмаль, білки та інші компоненти зерна. Розчинні компоненти відокремлюють від лушпиння і інших твердих домішок, потім отриманий розчин концентрують до тягучої в'язкої консистенції густого сиропу, який і являє собою солодовий екстракт. Ця речовина володіє підвищеною стабільністю за рахунок мінімальної кількості води і консервантів - в герметичній тарі якісний солодовий екстракт зберігається більше року. Відповідно до сировинного матеріалу і температури екстракції виробляють різні типи солодових екстрактів – від освітлого до темного, із різною мірою діастатичної активності. Унікальною властивістю солодових екстрактів є їх вплив на смак і аромат продуктів. Характерний хлібний смак компонентів солодового екстракту формується під час солодження та в процесі розчинення та екстрагування, коли солод перетворюється на солодовий екстракт. Оптимальні дозування для різних типів продуктів визначаються зазвичай експериментальним шляхом.[2]

Пажитник - популярна у всьому світі спеція і лікарський засіб. Вся рослина

(включаючи насіння) володіє інтенсивним запахом з легким горіховим ароматом. Насіння пажитника - улюблений на Сході замітник байхового чаю. Особливої уваги заслуговують три біологічно активні сполуки пажитника: стероїдні сапоніни (зокрема, діосгенін), галактоманнани і 4-гідроксіізолейцин, які, на думку багатьох дослідників, мають широкий спектр біологічної дії.[6] Отже, пажитник виступатиме не тільки оригінальним компонентом, який позитивно впливає на здоров'я споживачів, а й стане таким, що забезпечує оригінальний смак, неповторність і гармонійність букету.

Із насіння пажитника отримували водні екстракти загальноприйнятим у медичній практиці способом.. Для цього насіння змішували з водою при температурі 80...100 °С і витримували в даних умовах 10-30 хв, а потім екстракт охолоджували та фільтрували.[3] При подальшій роботі був удосконалений спосіб екстракції, який є кип'ятінням насіння хельби на протязі від 1 до 11 хв. В результаті перехід екстрактивних речовин із сировини збільшився мінімум у 2,5 рази при меншій втраті часу на приготування екстракту. Для використання водного екстракту пажитника у приготуванні безалкогольних напоїв рекомендується його приготування кип'ятінням не більше 3-х хвилин, оскільки відбувається специфічне розкриття букету пажитника - надмірне переходження у водний екстракт фенольних речовин, що погіршують органолептичні показники якості напою вцілому.

Екстракт «Barley Malt Extract Light» (вміси сухих речовин, % на рефрактометри - 79%), виготовлений з пивоварного ячменя та має золотистий колір, багатий солодовий аромат та солодкий смак. Поведінку та доцільність використання даного екстракту з'ясували з допомогою сенсорного аналізу спочатку разбавляючи дистильованою водою, пізніше - водним екстрактом насіння пажитника. Для цього, в мірних колбах на 100 см<sup>3</sup> змішували різну кількість солодового екстракту, доводили дистильованою водою до мітки. Отримані розчини різної концентрації оцінювали за основними органолептичними показниками (таблиця 1).

Для подальшої розробки вибрали оптимальний по концентрації розчин солодового екстракту - 1,0% і 1,2%. Потім змішували отримані водні розчини і водну витяжку пажитника в пропорції 1:1 (таблиця 2). Очевидною оптимальною концентрацією розчину «Barley Malt Extract Light» для безалкогольного напою є 1,0% і 1,2%.

Провівши відповідні розрахунки, визначили витрати компонентів, необхідних для приготування купажного сиропу (цукрового сиропу, водного розчину лимонної кислоти, ароматизатора). Отримали купажні сиропи, що мають у складі водні солодові екстракти різних концентрацій (зразок № 1-1,0% розчин, зразок № 2 - 1,2% розчин), але з однаковими дозами внесення - 15 см<sup>3</sup>. Далі купажні сиропи

робавлялися газованою водою. Результатами дослідження можна вважати деякі показники якості готових напоїв (таблиця 3).[3,4]

Таким чином, експеримент з приготування безалкогольного напою на основі солодового екстракту «Barley Malt Extract Light» та водного екстракту насіння пажитника показав, що ці компоненти можна використовуватися в якості складових, привносячи в новий напій особливі риси смаку і аромату та передаючи деяку свою біологічну активність і створенному напою.

Таблиця 1 – Органолептичні показники водного розчину солодового екстракту

№	Кількість екстракту, гр. - концентрація водного розчину,% по рефрактометру	Колір	Аромат	Смак
1	0,50 – 0,4%	Всі розчини каламутні, без осадів, солом'яного кольору, що змінює інтенсивність із збільшенням вмісту екстракту	Хлібний, легкий, ненав'язливий	Не проявляється
2	0,75 – 0,6%		Хлібний, легкий, ненав'язливий	Сладковатий присмак
3	1,00 – 0,8%		Легкий, приємний, зерновий	Сладковатий присмак
4	1,25 – 1,0%		Легкий, ніжний, зерновий	Легка солодкість, смак квасу
5	1,50 – 1,2%		Хлібно-зерновий, відчутний	Кислуватий, солодкий післясмак
6	1,75 – 1,4%		Зерновий, інтенсивний	Приторно солодкий
7	2,00 – 1,6%		Зерновий, інтенсивний, екстракту	Хлібний, вязкий

Таблиця 2 – Деякі показники якості суміші розчинів солодового екстракту та насіння пажитника

№	Концентрація водного розчину солодового екстракту в кількості 15 см <sup>3</sup> ,%	Кількість витяжки пажитника, см <sup>3</sup>	СР, %	Органолептичні показники
1	0,4	15	0,8	Солом'яний колір, зерновий аромат відсутній, аромат копчення, смак м'який, в післясмаці екстракту немає
2	0,6	15	1,0	Солом'яний колір, злегка вловимий зерновий аромат, в смаку, переважно, ноти пажитника
3	0,8	15	1,2	Солом'яний колір, злегка вловимий зерновий аромат, аромат копчення, смак терпкий, без нот солодового екстракту
4	1,0	15	1,4	Солом'яний колір, відчутний зерновий аромат, аромат копчення, солодкість і одночасна терпкість в смаці
5	1,2	15	1,6	Солом'яний колір, відчутний зерновий аромат, аромат копчення, солодкий, зерновий, терпкий смак
6	1,4	15	1,8	Солом'яний колір, відчутні і зернові і пажитника ноти, смак більш зерновий, з посиленою терпкістю
7	1,6	15	2,0	Солом'яний колір, аромат хліба і зерна, ноти пажитника втрачені, смак солодкуватий, зерновий



Таблиця 3- Показники якості готових напоїв

№ зразку	СР, % по рефрактометру	Кислотність, см <sup>3</sup> 1-молярного раозчину NaOH	Органолептичні показники
1	5,7	1,7	Колір солом'яний, з незначним опалом, в ароматі, переважно, обліпіха, смак солодкий
2	6,0	1,8	Колір солом'яний, з незначним опалом, в ароматі обліпіха і хліб, смак кисло-солодкий з зерновим відтінком

### ЛІТЕРАТУРА

1. Берестень Н.Ф. Функциональность безалкогольных напитках-концепция и инновационный проект компании «Дёлер»/ Н.Ф. Берестень, О.Г.Шубина// Пиво и напитки.-2000.-№5-С.68-69.
2. Домарецький В.А. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини./ В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський, М.Г. Михайлов.- Вінниця: Нова Книга, 2005. - 408 с.
3. Мелетьев А.Є. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підручник / А.Є. Мелетьев, С.Р. Тодосійчук, В.М. Кошова. Під ред. А.Є.Мелетьєва. – Вінниця: Нова Книга, 2007. – 392 с.
4. Напої безалкогольні. Загальні технічні умови: ДСТУ 4069-2002.- [Чинний від 2002-10-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2002. – 12 с. – (Державний стандарт України).
5. Пажитник греческий (TRIGONELLA FOENUM GRAECUM L.) как источник широкого спектра биологически активных соединений/ Е.Д. Плечицки, Л.В. Гончарова, Е.В. Спиридович, В.Н. Решетников// Труды БГУ 2010, том 4, выпуск 2.

Цвік М.О

студент ІV курсу ф-ту інформатики і математики Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького

## ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕПРАЦЕСПРОМОЖНОСТІ КОМП'ЮТЕРА

Розробка концепції експертних систем (ЕС) потребує аналізу інформаційно-технологічної ситуації, а також філософської, технічної, кібернетичної, психологічної та педагогічної літератури з цієї проблеми.

На сьогодні розробкою та впровадженням експертних систем в інформаційні технології займалися Л. Бабанін, В. Берестова, П. Брусиловський, В. Даніелян, О. Заволович, Л. Поспелова, Г. Рибіна.

Експертні системи представляють собою комп'ютерні програми, здатні накопичувати знання, що містяться в різних джерелах, і моделювати процес експертизи, тобто рішення спеціалістами тієї чи іншої сфери неформалізованих задач на основі свого професійного досвіду. На відміну від програм, що використовують процедурний аналіз, експертні системи вирішують задачі в певній предметній області на основі дедуктивних досліджень [3].

Експертною системою (ЕС) називають систему підтримки прийняття рішень, яка містить знання з певної вузької предметної області, а також може пропонувати користувачу рішення проблем з цієї галузі і обґрунтовувати їх.

Експертні системи стають надзвичайно популярними на ринку програмного забезпечення, адже дають змогу полегшити прийняття рішень у різноманітних напрямках при вирішенні трудомістких задач, допомагають менш досвідченим користувачам знайти шлях до прийняття рішення.

ЕС функціонують на базі сучасних технологій, які створюють передумови для інтенсифікації освітнього процесу, оперативного зворотнього зв'язку; комп'ютерної візуалізації навчальної інформації; архівного збереження достатньо великих її обсягів з можливістю легкого доступу користувача до центральної бази даних; автоматизації процесів обчислювальної, інформаційно-пошукової діяльності, обробки результатів навчального експерименту; автоматизації процесів управління навчальною діяльністю та контролю його результатів [2].

Будь-яка експертна система має наступну структуру: база знань, механізм виводу; механізм придбання знань; механізм пояснення знань; інтелектуальний інтерфейс [1].

Експертна система для визначення непрацеспроможності комп'ютера складається з бази знань, механізму логічного виводу, підсистеми обґрунтувань та інтелектуального інтерфейсу (рис. 1).

База знань містить знання, що відносяться до конкретної прикладної області, у тому числі окремі факти, правила, що призначені для зберігання даних, що описують розглянуту область, і правил, що описують доцільні перетворення даних цієї області що описують чи відносини явища.

Механізм логічного виводу вміє активно використовувати інформацію, що міститься в базі знань.

Інтелектуальний інтерфейс призначений для зручної роботи з експертною системою, пояснення результатів роботи та відповідає за безперервний обмін інформацією між користувачем і системою; він також дає користувачу можливість спостерігати за процесом рішення задач, що протікають у машині логічного висновку.

Прийнято розглядати машину висновку й інтерфейс як один великий модуль, звичайно називаний оболонкою експертної системи.

Інтелектуальний інтерфейс призначений для зручної роботи з експертною системою, пояснення результатів роботи.



Рисунок 1. Структура експертної системи

Експертна система працює в двох режимах: в режимі придбання знань і в режимі рішення задач. В режимі придбання знань в спілкуванні з експертною системою бере участь експерт. В цьому режимі експерт наповнює систему знаннями (правилами), які дозволять їй в режимі рішення самостійно вирішувати задачі з області експертизи. В режимі рішення задач в спілкуванні з експертною системою бере участь користувач, якого цікавить результат і спосіб отримання рішення.

Отже, експертна система щодо діагностики типових проблем непрацеспроможності персонального комп'ютера складається з бази знань, механізму логічного виводу, підсистеми обґрунтувань та інтелектуального інтерфейсу та вона дозволить отримати відповідь на типову помилку персонального комп'ютера та забезпечить змогу виправити її недосвідченому користувачу самостійно без допомоги спеціаліста.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Классификация экспертных систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/classification.html>
2. Рамазанов С.К. Интеллектуальные системы та теория принятия решений Навчальне видання. / С.К. Рамазанов, Є.Й. Гіркін – Луганськ: Вид-во СНУ, 2000. – 200 с.
3. Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ: Пер. с англ./ Предисл. Г.С.Осипова. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 320 с

**Дробот В.І.**

професор, д.т.н.

**Бондаренко Ю.В.**

к.т.н.

**Місечко Н.О.**

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

## **ФРУКТОЗА ТА ЛАКТУЛОЗА – ПЕРСПЕКТИВНІ ЦУКРОЗАМІННИКИ У ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

На цей час серед хвороб, захворювання на які щорічно зростає, є цукровий діабет і дисбактеріоз. Саме тому в усьому світі проводяться наукові дослідження з виробництва та застосування заміників цукру і пребіотиків – речовин, які стимулюють активність корисної мікрофлори кишечника.

Для надання виробам солодкого смаку використовують цукрозамінники – речовини, які подібно цукру беруть участь в утворенні структури напівфабрикатів і готових виробів, і підсолоджувачі природного або синтетичного походження, які лише забезпечують солодкий смак продукту (стеїозид, сахарин, аспартам та інші). В якості цукрозамінників здебільшого використовують спирти – поіоли (сорбіт, ксиліт, лактит та інші).

Останнім часом у зв'язку з розширенням промислового виробництва фруктози зріс інтерес до цього сахариду як до цукрозамінника.

Фруктоза у кристалічному стані відома як  $\beta$ -D-фруктопіраноза. Солодкість фруктози – 1,5–1,7 по відношенню до цукру білого (сахарози), глікемічний індекс – 20, тоді як цукру – 60, калорійність – 3,7 ккал/г. Фруктоза засвоюється без участі гормону – інсуліну, тому не перевантажує підшлункову залозу, що сприяє покращанню здоров'я. Рекомендована ФАО/ВООЗ доза її споживання 0,5–1,0 г на один кілограм маси тіла, тобто в середньому 35–70 г за добу. Це створює можливість вживати фруктозу як здоровим людям, так і хворим на діабет.

Відомим у світі пребіотиком є дисахарид лактулоза, визнаний «біфідус фактором № 1». Лактулоза має солодкість таку ж, як сорбіт – 0,5–0,6 порівняно з сахарозою і може розглядатися як цукрозамінник з пребіотичними властивостями. Міжнародна непатентована назва лактулози 4-0- $\beta$ -галактопіранозил-D-фруктоза. Виробляють її з молочної сироватки. Молекула лактулози складається із залишків фруктози і галактози, сполучених між собою  $\beta$ -глюкозидними зв'язками.

На ринок лактулозу поставляють у вигляді сиропу концентрацією 67 % і в

кристалічній формі з вмістом лактулози 99,8 %. Лактулоза має низький глікемічний індекс, не метаболізується в тонкому кишечнику, в товстому використовується його мікрофлорою як джерело енергії, що стимулює розвиток захисної мікрофлори кишечника – біфідо- і лактобактерій, сприяє активізації імунітету, синтезу вітамінів [1, с. 422–426].

На цей час лактулозу використовують у лікуванні дисбактеріозу. Добова профілактична норма лактулози, рекомендована медико-біологічними дослідженнями, 2–10 г на добу [2, с. 35–36].

Лактулоза не викликає гіперглікемії та забезпечує пребіотичну дію.

Введення в рецептуру хлібобулочних виробів лактулози з одночасною заміною цукру фруктозою дає можливість створити продукт нового покоління як для дієтичного, так і для оздоровчого харчування [3, с. 34–35].

Мета досліджень – визначити вплив фруктози, лактулози та їх композицій на якість виробів та з'ясувати особливості перебігу процесу бродіння тіста і формування його структурно-механічних властивостей за присутності цих сахаридів.

При визначенні впливу цукрозамінників на технологічний процес і якість виробів проводили пробні випікання. Зразки готували за рецептурою, кг: борошно пшеничне першого сорту – 100, дріжджі пресовані – 3, сіль кухонна – 1,5, цукор білий кристалічний – 6, олія – 3. Готували зразки з цукром, з еквівалентною кількістю фруктози, лактози, а також із композицією фруктози та лактулози за співвідношення 3:1 (4,5 кг фруктози та 1,5 кг лактулози) і 1:1 (3 кг фруктози та 3 кг лактулози). За такого співвідношення розрахункова солодкість композицій була 1,1 і 1,35, відповідно, тобто більшою за солодкість цукру. При цьому забезпечується вміст лактулози 1,15 та 2,3 г у 100 г продукту, що має бути достатнім, щоб вироби мали пребіотичні властивості.

Тісто готували безопарним способом, тривалість дозрівання – 170 хв, розробляли його вручну, тістові заготовки вистоявалися до готовності. Випікання проводили в електропечі ЭШ-1.

Результати досліджень наведено в табл.1.

## Показники якості виробів з цукром і цукрозамінниками

(n = 3, p ≤ 0,05)

Показники	Дозування, % до маси борошна				
	цукор білий кристалічний - 6	фруктоза - 6	лактозуза - 6	фруктоза - 4,5 лактозуза - 1,5	фруктоза - 3 лактозуза - 3
<b>Тісто</b>					
Кислотність кінцева, град.	2,4	2,4	2,5	2,4	2,5
Тривалість вистоюван- ня, хв	50	55	70	60	65
<b>Хліб</b>					
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	3,22	3,18	2,83	3,12	2,98
Формостій- кість, Н/D	0,40	0,38	0,36	0,37	0,36
Пористість, %	78	78	74	77	76
Кислотність, град	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0
Стан поверхні	Гладка, без тріщин і підривів				
Забарвлення скоринки	Золотиста		Золотисто-коричнева		

Стан м'якушки	Еластична				
Структура пористості	Середня рівномірна				
Смак	Відчуття солодкості		Солодкість слабо виражена	Відчуття солодкості	
<b>Притаманний булочним виробам</b>					
Аромат					
Загальна деформація м'якушки, од. пенетро- метра через 4 год	82	88	76	84	80
через 48 год	43	53	41	49	45
Збереження свіжості, %	52	60	54	58	56

Встановлено, що цукрозамінники практично не впливають на кислотність тіста за однакової тривалості його бродіння. Проте в тісті з фруктозою порівняно з тістом із цукром незначно зменшується кількість молочної кислоти (на 2 %), збільшується сума яблучної та бурштинової кислот, а також лимонної та винної (на 5–8 %). У тісті з лактулозою молочної кислоти більше на 2,6 %, вміст лимонної та винної кислот практично такий же, як у тісті з цукром, а яблучної та бурштинової – менший на 2,5 %.

Це можна пояснити особливостями життєдіяльності мікрофлори тіста в середовищі з різними цукрами.

Тривалість вистоювання тістових заготовок подовжується: з фруктозою – на 5 хв, з лактулозою – на 20 хв, з композиціями фруктози з лактулозою – на 10–15 хв.

Якість виробів із фруктозою була практично ідентичною якості виробів з цукром, проте формостійкість їх була дещо меншою.

Вироби з лактулозою за питомим об'ємом на 12 % поступалися виробам з цукром, мали на 4 % меншу пористість, на 10,3 % формостійкість. За умови використання композицій фруктози з лактулозою якість виробів поліпшувалася тим краще, чим більше фруктози містилося в композиції.

Скоринка виробів з цукрозамінниками була яскравіше забарвлена, ніж з цукром, що зумовлено більшою реакційною здатністю фруктози в реакції меланоїдиноутворення.

Найбільше виражену солодкість мали зразки з фруктозою, солодкість зразків із лактулозою відчувалася незначно, а з композицією цукрозамінників була ідентичною зразкам із цукром.

Встановлено також, що заміна цукру фруктозою та композицією її з лактулозою зумовлює уповільнення черствіння виробів.

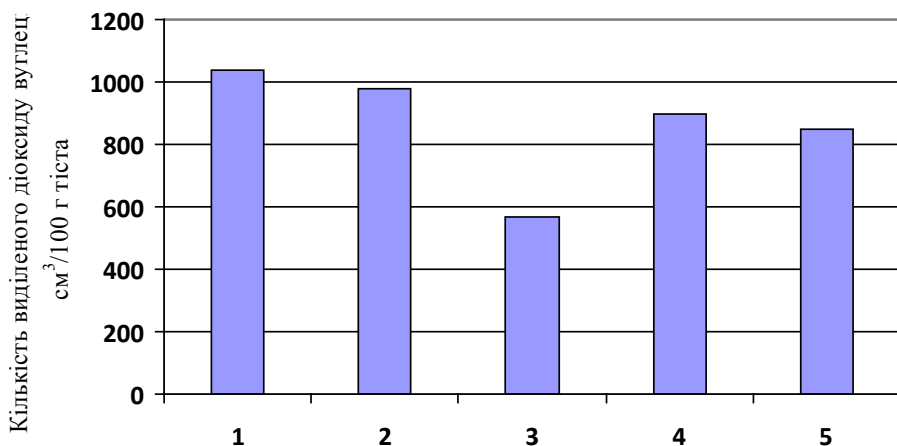
Для з'ясування причин подовження тривалості вистоювання тістових заготовок і зменшення об'єму та формостійкості зразків із цукрозамінниками визначали їх вплив на підймальну силу дріжджів та інтенсивність бродіння тістових напівфабрикатів за кількістю виділеного діоксиду вуглецю за час бродіння тіста та вистоювання тістових заготовок.

Встановлено, що за присутності цукрозамінників підймальна сила дріжджів погіршується на 2–3 хв, що пояснюється збільшенням осмотичного тиску в рідкій фазі тіста внаслідок більшої, ніж у цукру адсорбційної здатності цукрозамінників.

Із тіста, яке містить цукрозамінники, виділилося менше  $\text{CO}_2$ : з фруктозою – на 6 %, з лактулозою – на 48 %, з композиціями – на 13 та 19 %.

Меншу інтенсивність бродіння тістових напівфабрикатів із фруктозою можна пояснити тим, що фруктоза зброджується дріжджами лише після ізомеризації її ферментом фруктоїзомеразою в глюкозу, а цей фермент є індукованим.

Значне подовження тривалості вистоювання та зменшення газоутворення в тісті з лактулозою пов'язано з тим, що лактулоза не зброджується дріжджами і пригнічує їх життєдіяльність. За умови використання лактулози в композиції з фруктозою тривалість вистоювання скорочується тим значніше, чим більше фруктози міститься в композиції, що позитивно впливає на формування об'єму та пористість виробів з цією композицією.



**Рис. 1. Газоутворювальна здатність тіста з цукром і цукрозамінниками: 1 – з цукром, 2 – з фруктозою, 3 – з лактулозою, 4 – з фруктозою і лактулозою (3:1), 5 – з фруктозою і лактулозою (1:1)**

Оскільки об'єм тістових заготовок і готових виробів залежить від здатності клейковинного каркасу тіста утримувати діоксид вуглецю, який виділяється під час бродіння, досліджували вплив цукрозамінників на кількість і якість клейковини, відмитої з тіста, яке містило 6 % цукру білого кристалічного до маси борошна і адекватної кількості цукрозамінника.

Встановлено (табл. 2), що з тіста із цукрозамінниками відмивалося менше клейковини, проте гідратаційна здатність її значно збільшувалася, зменшувалася пружність і підвищувалася розтяжність.

Зменшення кількості клейковини та її пружності можна пояснити більшою, ніж цукру, дегідратуючою здатністю як фруктози, так і лактулози, а також тим, що досліджувані цукрозамінники утворюють з білками борошна комплекси, частина яких не відмивається у вигляді клейковини.

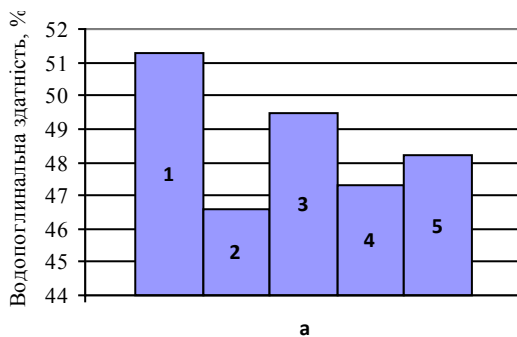


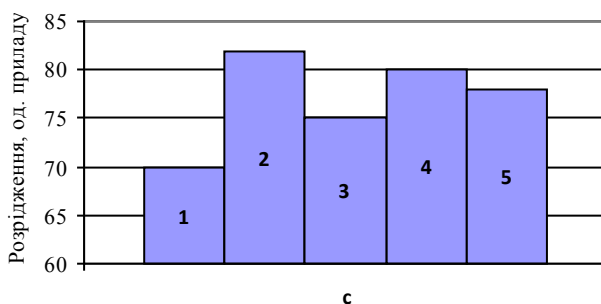
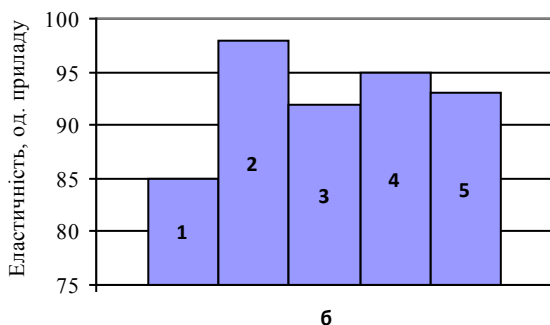
Кількість і якість клейковини в тісті з цукром та цукрозамінниками

Показники	Внесено в тісто, % до маси борошна				
	цукор білий кристалічний - 6	фруктоза - 6	лактозуза - 6	фруктоза - 4,5 лактозуза - 1,5	фруктоза - 3 лактозуза - 3
Кількість клейковини, %	27,18	26,84	26,22	25,92	25,46
Гідратаційна здатність, %	170	186	178	182	180
Пружність, од. приладу ИДК	68	92	83	86	82
Розтяжність, см	15	16	15,5	16	15,2

Покращання еластичності клейковини у разі використання цукрозамінників має позитивно впливати на структурно-механічні властивості тіста. Для підтвердження цього припущення за допомогою фаринографа визначали водопоглинальну здатність, еластичність і розрідження тіста, яке містило 6 % цукру білого кристалічного до маси борошна, та тіста з еквівалентною кількістю сахарози, фруктози, композицій фруктози та лактулози.

Встановлено (рис. 2), що за однакової консистенції 500 од. приладу водопоглинальна здатність борошна у разі замішування тіста з фруктозою зменшується на 9,2 %, з лактулозою – на 3,6 %, порівняно з цукром, внаслідок більшої гідратаційної здатності цих сахаридів, що зумовлює збільшення вільної води в тісті, краще набухання білків. Еластичність тіста з фруктозою більша, ніж з цукром, на 15 %, з лактулозою – на 6 %, а розрідження – на 17 і 8 %, відповідно.





**Рис. 2. Дослідження впливу цукру та цукрозамінників на водопоглинальну здатність, еластичність та розрідження тіста**

( а – водопоглинальна здатність; б – еластичність; с – розрідження тіста):

1 – з цукром, 2 – з фруктозою, 3 – з лактулозою, 4 – з композицією фруктози (4,5 %) і лактулози (1,5 %), 5 – з композицією фруктози (3 %) і лактулози (3 %)

Збільшення еластичності та розрідження тіста спостерігається також за умови заміни цукру композиціями фруктози та лактулози.

Отже, використання досліджуваних цукрозамінників зумовлює зменшення пружності клейковини, покращання еластичності тіста, що за більш низького газоутворення позитивно впливає на розвиток об'єму виробів, стан м'якушки та забезпечує хороші смакові якості.

Незначне розрідження тіста суттєво не впливає на формостійкість виробів. Завдяки високій гідратаційній здатності фруктози та лактулози вироби, які містять ці цукрозамінники, довше зберігають свіжість, ніж вироби з цукром.

Результати досліджень доводять доцільність використання фруктози і композицій її з лактулозою у виготовленні хлібобулочних виробів діабетичних, а також діабетичних з пребіотичними властивостями.

#### Література

1. Bouhnsk Y., Attar L., Joly G.A., Riottot M., Dyard F., Florie B. Lactulose ingestion

increases faecal bifidobacterial counts: a randomized double – blind study in healthy humans // Eur j clin Nutr. 2004. Vol. 58. № 3. P. 422–426.

2. Храмцов А.Г. Обогащение хлебобулочных и кондитерских изделий лактулозой из молочного сырья / А.Г. Храмцов // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2011. – № 3. – С. 35–36.
3. Леонов В.Ю. Лактулоза: диапазон использования в пищевой промышленности / В.Ю. Леонов // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2011. – № 10. – С. 34–35.