

Секція 4. ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

УДК 641.56:519.24:577.1

ОПТИМИЗАЦІЯ ДОБОВИХ І ЦИКЛОВИХ РАЦІОНІВ ДЛЯ СИСТЕМ ХАРЧУВАННЯ ЛІКУВАЛЬНОЇ ДІЇ

О.І. Черевко, Ж.А. Крутовий, Г.В. Запаренко, І.М. Павлюк

На базі раціонів одноразового споживання розроблено вдосконалений алгоритм проектування добових раціонів харчування, що максимізують забезпечення добових потреб у нутрієнтах; раціонів, які входять до циклових раціонів довготривалих систем харчування лікувальної дії.

Ключові слова: системи харчування, дефіцитні нутрієнти, добові раціони, циклові раціони, оптимізація.

ОПТИМИЗАЦИЯ СУТОЧНЫХ И ЦИКЛОВЫХ РАЦИОНОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПИТАНИЯ ЛЕЧЕБНОГО ДЕЙСТВИЯ

А.И. Черевко, Ж.А. Крутовой, А.В. Запаренко, И.Н. Павлюк

Базируясь на рационах одноразового потребления, разработан усовершенствованный алгоритм проектирования суточных рационов питания, максимизирующих обеспечение суточных потребностей в нутриентах; рационов, входящих в циклические рационы долговременных систем питания лечебного действия.

Ключевые слова: системы питания, дефицитные нутриенты, суточные рационы, цикловые рационы, оптимизация.

OPTIMIZATION OF DAILY AND CYCLIC RATION FOOD SYSTEMS FOR THERAPEUTIC ACTION

O. Cherevko, G. Krutovyi, G. Zaparenko, I. Pavliuk

In the present article we are formulated three fundamental problems of creating long-term food systems for prophylactic treatment, and approach their solution. Problems that considerate: balance groups of nutrients that connected between each other by scientifically based relationships; maintenance of high biological value protein in some products and dishes that serve as components of diets, and in most food rations; providing scientifically based daily norms in nutrients and energy values.

© Черевко О.І., Крутовий Ж.А., Запаренко Г.В., Павлюк І.М., 2016

Based on the totality of single intake rations of various purpose (for the first and second breakfasts, lunches, dinners etc.), which were designed at earlier stages of the study, we developed an improved algorithm for design and optimization of daily diets that maximize providing daily needs of a large number of nutrients and energy values. Daily rations are combinations of single intake rations for various purposes and are the part of cycle diets that may cover a period from two to three weeks. The set of cycle diets lasting form of long-term ration food system for the prevention and treatment of diseases arising against calcium deficiency.

The difference of the proposed algorithm consist in introducing a new objective function for daily rations optimization and average relative underperformance of daily needs in nutrients and energy values. For the objective function adopted minimum sum of relative underperformance daily needs in nutrients and energy value; proposed index of relative underperformance offered daily needs in nutrients and energy value is the ratio of the minimum value of the objective function to the number of parameters, of which there is a shortfall of daily needs of this diet.

Considered stages of research ends, with appropriate design of single ration sets of various types is completed solve of three formulated fundamental problems of creation health-care food systems.

Keywords: *food systems, scarce nutrients, daily rations, cyclic rations, optimization.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Із попередніх досліджень [1] випливає, що створення систем харчування лікувального призначення пов'язано з низкою складних фундаментальних проблем, зв'язаних між собою. Найголовніші з них такі:

1. Забезпечення збалансованості груп нутрієнтів, пов'язаних між собою науково обгрунтованими співвідношеннями.
2. Забезпечення високої біологічної цінності білка як в окремих виробках, що використовуються, так і в раціонах харчування.
3. Забезпечення науково обгрунтованих добових потреб у нутрієнтах та енергетичній цінності.

Третя фундаментальна потреба безпосередньо пов'язана з формуванням добових раціонів, оскільки неможливо найкращим чином забезпечити добові потреби в нутрієнтах, не оптимізуючи добові раціони (ДР).

Отже, проблема оптимізації ДР є актуальною під час проектування систем харчування для профілактики та лікування захворювань, що виникають на тлі дефіциту кальцію.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У праці [2] викладено результати дослідження збалансованості трьох груп нутрієнтів у раціонах одноразового споживання (РОСах) другого покоління, у ході якого використовувались запропоновані [3] кількісні показники збалансованості. Показано, що шляхом «відсіву» РОСів із низьким рівнем збалансованості принципово можна створити сукупність РОСів,

збагачених дефіцитними нутрієнтами, і тих, що характеризуються прийнятним рівнем збалансованості (сформовано концепцію вирішення проблеми № 1, зазначеної вище). Проведені дослідження біологічної цінності білка в РОСх другого покоління з використанням узагальнюючого показника [4; 5] свідчать про те, що шляхом повторного «відсіву» РОСів із низьким рівнем біологічної цінності білка можна створити сукупність раціонів одноразового споживання з високим рівнем біологічної цінності білка (концепція розв'язання фундаментальної проблеми №2).

Виникають питання: чи можна, і якщо так, то як на базі сукупності РОСів другого (чи наступних) покоління, що пройшли подвійний «відсів», створити добові раціони з максимально можливим забезпеченням добових раціонів у нутрієнтах?

Далі мова йде про перспективи вирішення третьої фундаментальної проблеми. Чи існують інші, досконалі РОСи другого покоління, які можуть стати базою як для здійснення процедури подвійного відсіву раціонів, так і для сумісного вирішення всіх трьох фундаментальних проблем, що виникають у ході створення довготривалих систем харчування?

Мета статті – для пошуку спільного вирішення трьох фундаментальних проблем створення систем харчування розробити вдосконалений алгоритм проектування добових раціонів (на базі сукупності раціонів одноразового споживання різного призначення), що максимізують забезпечення добових потреб у нутрієнтах та енергетичній цінності; добових раціонів, що увійдуть до складу циклових.

Виклад основного матеріалу дослідження. Добовий раціон являє собою певну комбінацію раціонів різного призначення, наприклад, для перших та других сніданків, обідів, вечір тощо. Визначена конкретна комбінація РОСів (конкретний добовий раціон) певним чином забезпечує науково обґрунтовані добові потреби для деякої категорії споживачів або конкретні відносні величини нутрієнтів та енергетичної цінності. Якщо вибрати певний критерій забезпечення, тобто деяку функцію, наприклад, відносних величин добових потреб, то для конкретних ДР зможемо визначити, наскільки (кількісно) один добовий раціон краще чи гірше за інші з точки зору прийнятого критерію. При цьому, якщо перебрати всі можливі комбінації із завчасно спроектованих раціонів одноразового споживання, призначених для різних прийомів їжі (кількість комбінацій – скінчена величина), то можна визначити ту з них, при якій добові потреби будуть забезпечені найкраще з точки зору прийнятого критерію. Іншими словами, можна знайти оптимальні розв'язки задачі проектування добового раціону на базі створених сукупностей РОСів різного призначення. У разі зміни базових сукупностей раціонів одноразового

споживання, наприклад через вилучення тих РОСів, що увійшли до попередньо спроектованого ДР, з'явиться новий оптимальний добовий раціон.

Розробимо уточнену математичну модель задачі проектування оптимальних добових раціонів. Необхідність уточнення моделі, викладеної раніше, обумовлена низкою причин: у першу чергу доцільністю уточнення цільової функції; крім того, прагненням уточнити початкові умови, інколи спростити постановку задачі, виходячи з отриманих результатів дослідження. Сформулюємо задачу проектування добових раціонів, що максимізують забезпечення добових потреб у нутрієнтах та енергетичній цінності. Необхідно визначити комбінацію із п'яти (або меншої кількості) завчасно спроектованих РОСів, по одному вибрати з відповідних сукупностей для перших і других сніданків, обідів так, щоб комбінація раціонів одноразового споживання задовольняла умовам конструювання добового раціону та максимізувала певну функцію забезпечення добових потреб або мінімізувала функцію недозабезпечення добових потреб.

Уведемо такі позначення:

R_i^j – j -й номер (варіант) РОСу i -го виду, $i=1, 2, \dots, 5, j=1, 2, \dots$;

$R_1^j, j=1, 2, \dots, m_1$ – сукупність РОСів для вечерь;

$R_2^j, j=1, 2, \dots, m_2$ – сукупність РОСів для полуденків;

$R_3^j, j=1, 2, \dots, m_3$ – сукупність РОСів для обідів;

$R_4^j, j=1, 2, \dots, m_4$ – сукупність РОСів для других сніданків;

$R_5^j, j=1, 2, \dots, m_5$ – сукупність РОСів для перших сніданків;

$m_i, i=1, 2, \dots, 5$ – об'єм сукупності завчасно спроектованих РОСів i -го виду;

$\overline{Y}_i^j = (Y_{i,1}^j, Y_{i,2}^j, \dots, Y_{i,24}^j)$ – вектор параметрів, якими характеризується РОС R_i^j (нутрієнти та енергетична цінність);

$Y_{i,k}^j$ – вміст k -го параметра в РОСі R_i^j (відповідно $Y_{i,1}^j$ – вміст кальцію, $Y_{i,2}^j$ – вміст жиру та ін.).

Позначимо n_i^j – шукану невідому кількість використань j -го РОСу i -го виду (R_i^j) у добовому раціоні, що проектується;

$$n_i^j = \begin{cases} 0, & \text{якщо РОС } R_i^j \text{ не використовується в ДР} \\ 1, & \text{якщо РОС } R_i^j \text{ використовується в ДР,} \end{cases} \quad (1)$$

$i=1, 2, \dots, 5,$
 $j=1, 2, \dots, m_i,$

Y_k – вміст k -го параметра в добовому раціоні, що проектується.
 Величина Y_k обчислюється за формулою

$$Y_k = n_1^1 \cdot Y_{1,k}^1 + n_1^2 \cdot Y_{1,k}^2 + \dots + n_1^{m_1} \cdot Y_{1,k}^{m_1} + n_2^1 \cdot Y_{2,k}^1 + n_2^2 \cdot Y_{2,k}^2 + \dots + n_2^{m_2} \cdot Y_{2,k}^{m_2} + \dots + n_5^1 \cdot Y_{5,k}^1 + n_5^2 \cdot Y_{5,k}^2 + \dots + n_5^{m_5} \cdot Y_{5,k}^{m_5} \quad (2)$$

або

$$Y_k = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m n_i^j \cdot Y_{i,k}^j \quad (2')$$

при l_i -разовому добовому харчуванні.

Запишемо умови, яким мають задовольняти шукані невідомі n_i^j , що є цілими булевими величинами.

1. Умови конструювання добового раціону на базі РОСів:

$$\sum_{j=1}^{m_1} n_1^j = 1, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{m_2} n_2^j = 1, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{m_3} n_3^j = 1, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{m_4} n_4^j = 1, \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^{m_5} n_5^j = 1. \quad (7)$$

Умова (3) – це умова того, що із РОСів першого виду (для вечерь) вибирається тільки один РОС, тобто з величин $n_1^1, n_1^2, \dots, n_1^{m_1}$ одну взяти рівною одиниці, решту – рівними нулю.

Умови (4)–(7) аналогічні для сукупностей РОСів іншого призначення – відповідно полуденків, обідів, других та перших сніданків.

2. Умова, яка полягає в наступному: у будь-який добовий раціон, що створюється, не слід включати більше одного РОСу з використанням кунжуту.

Зауважимо, що у випадку, якщо кількість прийомів їжі менша п'яти, наприклад чотири або три, відповідні рівняння із (3)–(7)

вилучаються, а також вилучаються відповідні величини із формул (2) або (2').

Цільова функція для оптимізації добових раціонів. Умову максимізації забезпечення добових потреб можна записати по-різному. Зокрема, як умову забезпечення добової потреби в кожному з нутрієнтів, що впливає на метаболізм кісткової тканини та енергетичну цінність, тобто як умову виконання сукупності нерівностей

$$Y_k \geq Y_k^{\partial.n.} \text{ для всіх } k = 1, 2, \dots, 24, \quad (8)$$

де $Y_k^{\partial.n.}$ – величина добової потреби k -го параметра.

Проте задовольнити всю сукупність нерівностей (8) шляхом перебирання скінченної кількості комбінацій РОСів різного призначення, як правило, неможливо. Разом з тим можна забезпечити певну кількість нерівностей (8) та мінімум функції

$$Z = \sum_k^j \left(\frac{Y_k^{\partial.n.} - Y_k}{Y_k^{\partial.n.}} \right) \cdot 10^2 \text{ для } Y_k < Y_k^{\partial.n.}. \quad (9)$$

Під знаком суми в цільовій функції (9) записано відносні відхилення (у відсотках) тільки тих параметрів, за якими має місце недовиконання добових потреб. Інакше кажучи, оптимальний добовий раціон утворює та комбінація раціонів одноразового споживання різного призначення, для якої сума відносних недовиконань добових потреб із нутрієнтів та енергетичної цінності є мінімальною. Якщо таких комбінацій виявиться більше ніж одна, то вибирається будь-яка з них.

Зазначимо, що може трапитись, якщо рекомендована добова потреба для певного параметра буде задана у вигляді інтервалу

$$A_k' \leq Y_k^{\partial.n.} \leq A_k'', \quad (10)$$

де A_k' , A_k'' – відповідно нижня та верхня межі науково обґрунтованого інтервалу. У таких випадках доцільно замість $Y_k^{\partial.n.}$ брати нижню межу A_k' інтервалу. Мета – не завишувати величину недовиконання добових потреб.

За показник D^H забезпечення (або недозабезпечення) добових потреб певним добовим раціоном має сенс узяти відношення мінімального значення цільової функції до кількості параметрів, за якими має місце недовиконання добових потреб цим раціоном.

$$D^H = \frac{Z_{\min}}{r}, \quad (11)$$

де r – кількість параметрів оптимального добового раціону, за якими має місце недозабезпечення добових потреб.

Сформована задача оптимізації добових потреб є задачею цілочислового математичного програмування з булевими змінними n_i^j . Для її розв'язання необхідно створити програму розрахунків на персональному комп'ютері.

В результаті здійснення однієї процедури одержимо один (перший) оптимальний добовий раціон. Якщо із заданих сукупностей РОСів різного призначення вилучити ті раціони, що ввійшли до першого оптимального ДР, і скорегувати систему рівнянь, то одержимо початкові умови для пошуку другого оптимального добового раціону та ін.

Для створення системи харчування необхідно спроектувати цикловий раціон (ЦР), який складатиметься з певної кількості оптимальних ДР. Їх може бути 7, 14, 21 та ін.

Повторюючи викладену процедуру певну кількість разів, можна створити цикловий раціон заданої кількості оптимальних добових раціонів. Підкреслимо, оптимальних із тих, що можна спроектувати із завчасно створених сукупностей РОСів різного призначення.

Акцентуємо увагу на надзвичайно важливій обставині. Якщо розв'язання розглянутої задачі буде базуватись на завчасно створених сукупностях РОСів різного призначення, які характеризуються задовільними та високими рівнями збалансованості нутрієнтів та високим рівнем біологічної цінності білка (а перше і друге можливо), то створення ЦР, тобто проектування сукупності добових раціонів, які максимізують забезпечення добових потреб у нутрієнтах і енергетичній цінності протягом тривалого часу, по суті, вирішенням буде і трьох фундаментальних проблем створення систем харчування.

Висновки. 1. Розроблено вдосконалений алгоритм проектування добових раціонів харчування (на базі сукупності раціонів одноразового споживання різного призначення), що максимізують забезпечення добових потреб у нутрієнтах та енергетичній цінності; раціонів, що ввійдуть до складу циклових раціонів систем харчування для профілактики довготривалих захворювань, що виникають на тлі дефіциту кальцію.

2. Запропоновані: цільова функція оптимізації добових раціонів – мінімум суми відносних недовиконань добових потреб у нутрієнтах та енергетичної цінності, а також середній показник відносного недовиконання (недозабезпечення) добових потреб.

Розглянутим етапом досліджень (за відповідного проектування сукупностей раціонів одноразового споживання) завершується вирішення трьох фундаментальних проблем створення систем харчування, а саме: проблеми забезпечення збалансованості груп нутрієнтів, забезпечення високого рівня біологічної цінності білка в системі харчування та максимально можливого забезпечення добових потреб.

Список джерел інформації / References

1. Проектування систем харчування лікувально-профілактичної дії : монографія у 3-х ч. Ч. 1. Математичні аспекти створення систем харчування / Черевко О. І., Крутовий Ж. А., Михайлов В. М., Касілова Л. О., Запаренко Г. В., Манжос Н. В. – Х., 2013. – 186 с.

Cherevko, O.I., Krutovyi, G.A., Mykhalov, V.M., Kasilova, L.O., Zaparenko, G.V., Manzhos, N.V. (2013), *The Projecting of the Food Systems with Medical and Preventive Action [Proektuvannia system kharchuvannia likuvalno-profilaktychnoyi diyi]*, Kharkiv, 186 p.

2. Кількісний аналіз збалансованості нутрієнтів у раціонах одноразового споживання другого покоління / Черевко О. І., Крутовий Ж. А., Запаренко Г. В., Борисова А. О. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2015. – Вип. 2 (24).

Cherevko, O.I., Krutovyi, G.A., Zaparenko, G.V., Borysova A.O. (2015), “Quantitative analysis of nutrients balance in daily diets of the second generation” *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Trade* [“Kilkisnyi analiz zbalansovanosti nutriyentiv”], Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva i torhivli], KhSUFT, Kharkiv, Vol. 2 (24)

3. Крутовий Ж. А. Кількісні показники збалансованості нутрієнтів на різних етапах створення систем харчування / Ж. А. Крутовий // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2013. – Вип. 2 (18). – С. 266–274.

Krutovyi, G.A. (2013), “Balance quantity indexes of nutrients on different stages of the creating of preventive food systems”, *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Trade* [“Kilkisni pokaznyky zbalansovanosti nutriyentiv”], Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva i torhivli], KhSUFT, Kharkiv, Vol. 2 (18), pp. 266-274.

4. Определение биологической ценности белков в рационах лечебно-профилактического назначения / Ж. А. Крутовой, Н. В. Мячикова, Л. А. Касилова, А. В. Запаренко // Пищевая промышленность. – 2013. – № 8. – С. 62–64.

Krutovyi, G.A., Miachikova, N.V., Kasilova, L.O., Zaparenko, A.V. (2013), “Investigation of the biological value in the rations with Medical and Preventive Action” [“Opredeleniye biologicheskoy tsennosti belkov v ratsionakh”], *Food industry*, No. 8, pp. 62-64.

5. Крутовий Ж. А. Показник наближення білка у виробі або раціоні харчування до стандартного / Ж. А. Крутовий // Прогресивні техніка та

технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2014. – Вип. 2 (20). – С. 315–322.

Krutovyi, G.A. (2014), "The factor of protein approximation to standard in products and diets", *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Hotel Industry and Trade. Economic Strategy and Development Prospects of Trade and Services*, ["Pokaznyk nablyzhennia bilka", Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva i torhivli], Kharkiv, KhSUFT, Vol. 2 (20), pp. 315-332.

Черевко Олександр Іванович, д-р техн. наук, проф., ректор, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)337-85-35.

Черевко Александр Иванович, д-р техн. наук, проф., ректор, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)337-85-35.

Cherevko Olexandr, Dr. of Science, Professor, Rector, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)337-85-35.

Крутовий Жорж Андрійович, канд. техн. наук, проф., кафедра вищої математики, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, г. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-63.

Крутовой Жорж Андреевич, канд. техн. наук, проф., кафедра высшей математики, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-63.

Krutovyi George, Ph.D, Professor, Department of higher mathematics, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-63.

Запаренко Ганна Володимирівна, асп., кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-39.

Запаренко Анна Владимировна, асп., кафедра технологии хлеба, кондитерских, макаронных изделий и пищекопцентратов, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-39.

Zaparenko Ganna, Ph.D. student, Department of bread production technology, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-39.

Павлюк Ігор Миколайович, асист., кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-00.

Павлюк Игорь Николаевич, асист., кафедра физико-математических и инженерно-технических дисциплин, Харьковский государственный университет

питання и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-00.

Pavliuk Igor, assistant of the Department of Physical, Mathematical and Engineering Sciences, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-00.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловичем.
Отримано 15.03.2016. ХДУХТ, Харків.*

УДК 51-74:53.093:53.096

СУМІСНЕ ВИКОРИСТАННЯ R-ФУНКЦІЙ І ПРОЕКЦІЙНОГО МЕТОДУ В ЗАДАЧАХ ТЕОРІЇ СУШІННЯ

М.І. Погожих, М.С. Синєкоп, А.О. Пак, М.А. Чеканов

Запропоновано метод дослідження процесів тепломасообміну в капілярно-пористих тілах складної форми, який базується на застосуванні проєкційного методу у формі Бубнова–Гальоркіна та конструктивних засобів теорії R-функцій. Побудована структура розв'язку дозволяє точно враховувати геометричну форму тіла та межові умови. Запропонована структурна модель дозволяє проводити числові експерименти з метою підвищення ефективності інтенсифікації процесів сушіння харчової сировини.

Ключові слова: сушіння харчової сировини, тепломасообмін, R-функції, проєкційний метод, система диференціальних рівнянь.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ R-ФУНКЦИЙ И ПРОЕКЦИОННОГО МЕТОДА В ЗАДАЧАХ ТЕОРИИ СУШКИ

Н.И. Погожих, Н.С. Синєкоп, А.О. Пак, Н.А. Чеканов

Предложен метод исследования процессов тепломассообмена в капиллярно-пористых телах сложной формы, основанный на применении проекционного метода в форме Бубнова–Галеркина и конструктивных средств теории R-функций. Построенная структура решения позволяет точно учитывать геометрическую форму тела и граничные условия. Предложенная структурная модель позволяет проводить численные эксперименты с целью повышения эффективности интенсификации процессов сушки пищевого сырья.

Ключевые слова: сушка пищевого сырья, тепломассообмен, R-функции, проекционный метод, система дифференциальных уравнений.